

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE FISICA Y MATEMATICAS BIOFISICA

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE INSTALACION Y DISEÑO DE UN
SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO DE
RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR MODELO TOSHIBA MRT-
600EX DE MEGAFLOR NEURODIAGNOSTICO Y MEDICINA”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

BIOFISICA

PRESENTADO POR:

DIANA CAROLINA COELLO FIALLOS

**RIOBAMBA - ECUADOR
2012**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco inmensamente a Dios por crearme y darme el privilegio de ser su hija ya que he sentido su mano poderosa ayudándome día a día. Y a toda mi querida familia por su apoyo incondicional en todo momento ya que ellos son un pilar fundamental para haber llegado donde estoy y así enorgullecerlos.

Quiero expresar mi agradecimiento por sus consejos, así como por haber asumido la dirección de la Tesis al **Dr. Richard Pachacama**.

Agradezco inmensamente el apoyo, interés y colaboración en la codirección de esta Tesis al **Dr. Dennis Cazar**.

Y a la gama de docentes de la carrera que han brinda apoyo académico y emocional

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi querida familia quienes me han apoyado moralmente durante toda mi vida y en especial a mi precioso hermano Marco y a mi mami Gloria Fiallos quien se desvive por darme apoyo moral y económico para que yo obtenga mi título profesional.

También se la dedico a mis tías, mujeres valientes y luchadoras con la que puedo contar incondicionalmente y a mi abuelita Anita que son las personas que me alienta para llegar muy alto.

DERECHOS DE AUTORIA

“Yo Diana Carolina Coello Fiallos declaro que soy la autora del presente trabajo de tesis el cual fue elaborado por mi persona bajo la dirección del Dr. Richard Pachacama y colaborador PhD. Dennis Cazar, haciéndome responsable de las ideas y métodos expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de grado le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

DIANA CAROLINA COELLO FIALLOS
CI.180424146-9

RESUMEN

Se desarrolló una guía adecuada y fácil de seguir para instalar un equipo de Resonancia Magnética Nuclear para diagnóstico médico por imagen con el modelo TOSHIBA MRT-600EX de MEGAFLOR Neurodiagnóstico y Medicina, ubicado en la ciudad de Riobamba.

Para lo cual se utilizó el método analítico al estudiar el proceso de instalación mediante la investigación de campo siguiendo paso a paso la instalación del equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo TOSHIBA MRT-600EX, para conocer todos los componentes que permiten la obtención de imágenes médicas de diagnóstico.

Este equipo es un sistema de resonancia magnética abierto de 0.35 Teslas (T) superconductor con menos uso de criógeno líquido (helio) diseñado para combinar las ventajas de acceso de los pacientes del sistema abierto con el rendimiento de alta calidad de imagen.

Mediante el método inductivo sabemos que las características de rendimiento son que incorpora tecnologías digitales innovadora como Radiofrecuencias (RF), los Gradientes de alta velocidad y una amplia gama de Bobinas de Radiofrecuencia optimizada. Para dar las características que deben cumplir los componentes se designó 3 áreas: la sala de exploración, la sala de equipos y la consola del operador; las que cumplen con requerimientos adecuados para ubicar cada componente del sistema MRT-600EX, en la que se tomó mayor interés a la sala de exploración porque cumple con la función de Jaula de Faraday para contener al imán de 0.35T.

Conociendo las características del hardware y con las normas de la Comisión Electrónica Internacional (IEC) y la información que brinda el American College of Radiology (ACR) se desarrolló un sistema de control de calidad y mantenimiento

periódico del modelo MRT-600EX, humano que está en contacto con un equipo de Resonancia Magnética Nuclear para realizar diagnóstico médico eficiente.

Se concluye que este es un documento que sirve de introducción para aquellos que no están familiarizados con este tipo de equipos y actuar como un recordatorio para aquellos que lo están y así evitar riesgos o posibles errores antes, durante y después de la instalación de un equipo para MRI.

Por lo que se recomienda a los técnicos, operadores y médicos la revisión de esta literatura para conocer a fondo el sistema MRT-600EX e implementar en las instalaciones el sistema de control de calidad como una norma para asegurar el buen funcionamiento del mismo.

ABSTRACT

GUIDE TO INSTALL A MAGNETIC - NUCLEAR RESONANCE EQUIPMENT, MODEL TOSHIBA MRT-600EX OF MEGAFLOR NEURODIAGNOSTIC AND MEDICINE

A suitable and easy to follow Guide was developed to install a Magnetic - Nuclear Resonance Equipment for medical diagnosis by image with TOSHIBA MRT-600EX model of MEGAFLOR Neurodiagnostic and Medicine, located in Riobamba city.

The analytical method was used when studying the installation process through the field investigation following step by step the installation of Magnetic - Nuclear Resonance Equipment model TOSHIBA MRT-600EX to know all the components that allow the obtaining of medical images of diagnosis. This equipment is an opened magnetic resonance system of 0,35 Teslas (T) superconductor with less use of cryogen liquid (helium) designed to combine the advantages of patients access of the open system with the image high quality achievement. By means of the inductive method we know that the achievement characteristics are those that incorporate innovating digital technologies like Radio frequencies (RF), the high speed Gradients and a wide range of optimized Radio frequency Coils. In order to give the characteristics that the components must fulfill, 3 areas were designated: the exploration room, the equipment room and the operator console which fulfill suitable requirements to locate each component of the system MRT-600EX, where the most interest was given to the exploration room because it fulfills the function of Faraday Cage to contain the magnet of 0.35T.

Knowing the hardware characteristics, the International Electronic Commission (IEC) and the information provided by the American Collage Radiology (ACR), a quality and periodic maintenance control system was developed of the model MRT-600EX, human, which is in contact with a Nuclear Magnetic Resonance equipment to carry out efficient medical diagnosis.

It is concluded that this document can be useful as an introduction for those who are not familiarized with this type of equipment and as a reminder for those who are familiarized, and to avoid risks or possible errors before, during and after the installation of equipment for MRI It is recommended that the technicians, operators and doctors revise this literature to know better the MRT-600EX system and implement in the installations the quality control system as a norm to support good operation of it.

INDICE DE ABREVIATURAS

ACR:	American Collage of Radiology
Bo:	Campo Magnético
bar:	Bares
C:	Capacitancia
CC:	Control de Calidad
CPU:	Unidad de Procesamiento Central
dB:	Decibel
espín α :	Espín alfa
espín β :	Espín beta
FDA:	Food and Drug Administration
FastSE:	Secuencias de exploración rápida
ft :	Pies
ft²:	Pies cuadrados
G:	Gauss
HVAC:	Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado
Hz:	hertzkg: Kilogauss
ICNIRP:	Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante
IEC:	Comisión Electrónica Internacional
J:	Joule
K:	Grados Kelvin
Kg:	Kilogramos
kPa:	kilopascales
L:	Inductancia
m:	Metros
MHz:	Megahertz
MODs:	Discos Ópticos Magnéticos
MRI:	Imagen por Resonancia Magnética
MRT:	Tomógrafo de Resonancia Magnética
mT:	Militesla
m²:	Metros cuadrados
NMR:	Resonancia Magnética Nuclear
ppm:	Partes por millón

QA:	Aseguramiento de Calidad
RF:	Radiofrecuencia
RM:	Resonancia Magnética
Rx:	Rayos X
SAR:	Tasa de absorción específica
SGI:	Silicon Graphics, Inc.
SNR:	Relación señal a ruido
T:	Tesla
TAC:	Tomografía Axial Computarizada
Tec:	Tecnólogo
VRDU:	Unidad de distribución de voltaje regulado
W:	Watts
°C:	Grados Celsius
γ:	Relación giromagnética
μ:	micro (10^{-6})
Å:	Angstrom (10^{-10} m)

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
DERECHOS DE AUTORIA	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT.....	VI
INDICE DE ABREVIATURAS.....	VIII
INDICE GENERAL	X
INDICE DE FIGURAS	XIV
INDICE DE TABLAS	XVI
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	4

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN A LA RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR	6
1.1 FUNDAMENTOS FÍSICOS.....	6
1.1.1 El espectrómetro de Resonancia Magnética Nuclear	9
1.2 TOMOGRAFO DE RESONANCIA MAGNETICA (MRT)	11
1.2.1 Principios básicos	14
1.2.2 El campo magnético.....	16
1.3 PRINCIPIOS BASICOS SOBRE MRI.....	16
1.3.1 La materia y sus propiedades.....	16
1.3.2 Aspectos técnicos en la obtención MRI	17
1.3.3 Los tres parámetros fundamentales en MRI	19
1.3.4 Ventajas e inconvenientes de la MRI	21
1.3.4.1 La MRI no emplea radiaciones ionizantes.....	22

CAPITULO II

2 EQUIPO DE RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR MODELO TOSHIBA MRT-600EX DE MEGAFLOR NEURODIAGNOSTICO Y MEDICINA”	24
2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO	24
2.2 EQUIPO MRT-600EX.....	27
2.3 COMPONENTES DEL “HARDWARE” MODELO MRT-600EX	31
2.3.1 GANTRY MAGNÉTICO.....	32

2.3.1.1	Imán.....	33
2.3.1.2	Bobinas de gradiente	34
2.3.1.3	Cubiertas	35
2.3.1.4	Bobinas de RF	36
2.3.1.5	Unidad de refrigeración.....	37
2.3.1.6	Panel FILTRO / CONECTOR	39
2.3.2	CONSOLA DE OPERADOR.....	40
2.3.2.1	Teclado	41
2.3.2.2	Interruptor eléctrico.....	42
2.3.2.3	Botón de parada de Emergencia.....	42
2.3.2.4	Ratón	43
2.3.2.5	Funciones de productividad:	43
2.3.3	SALA DE EQUIPAMIENTO	45
2.3.3.1	Cabina de control	45
2.3.3.2	Suministro eléctrico de los gradientes.....	47
2.3.3.3	Transformador	47
2.3.4	MESA DEL PACIENTE	47
2.3.4.1	Caja de conexión de bobinas.....	49
2.3.4.2	Sistema de posicionamiento de la tabla	49

CAPITULO III

3	PROCESO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA MRI MODELO TOSHIBA MRT-600EX DE “MEGAFLOR NEURODIAGNOSTICO Y MEDICINA”	52
3.1	PLANIFICACIÓN	52
3.1.1	Estudio de Distorsión.....	54
3.1.2	ESPACIO FISICO	56
3.2	SALA DE EXPLORACIÓN.....	58
3.2.1	Ingreso del imán.....	58
3.2.2	Construcción de la Jaula de Faraday.....	61
3.2.3	Instalación del Gantry Magnético.....	62
3.2.4	Unidad de refrigeración	64
3.2.5	Aire acondicionado	64
3.2.6	Panel Filtro/Conector de energía	65
3.2.7	Puerta de RF.....	67
3.2.8	Ventana de RF	67
3.3	SALA DE EQUIPOS	67

3.3.1	Descripción	70
3.4	Encendido del gantry magnético.....	72
3.5	Mesa del paciente.....	73
3.6	CONSOLA DEL OPERADOR.....	74

CAPITULO IV

4	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD Y SEGURIDADES PARA EL EQUIPO MRT-600EX.....	76
4.1	ANTECEDENTES.....	77
4.1.1	American College of Radiology (ACR)	78
4.1.2	SOFTWARE QA	78
4.2	INTRODUCCIÓN	80
4.2.1	Propósito	81
4.2.2	Directrices Generales	82
4.3	SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	84
4.3.1	MEDIDAS DE IMPORTANCIA	84
4.3.2	DEFINICIÓN DE ZONAS.....	86
4.3.3	Campos magnéticos estáticos	89
4.3.4	Campos de gradientes	92
4.3.5	Campos de radiofrecuencia.....	93
4.3.6	Unidad de refrigeración	96
4.3.7	Control de ruido	97
4.3.8	Control y Mantenimiento Preventivo	98
4.3.8.1	Revisión de las áreas de MRI.....	99
4.3.8.2	Estado general del sistema.	100
4.3.8.3	Control de Bobinas.....	101
4.3.8.4	Sistema de colocación del paciente.....	103
4.3.8.5	Control de acceso	104

CAPITULO V

5	CONCLUONES Y RECOMENDACIONES SOBRE EL PROCESO DE INSTALACION.....	106
5.1	CONCLUSIONES.....	106
5.2	RECOMENDACIONES	108
	BIBLIOGRAFIA	110
	GLOSARIO	116

APENDICES	120
<i>APENDICE A: ESPECIFICACIONES“HARDWARE” MODELO MRT-600EX</i>	<i>120</i>
<i>APENDICE B: APROBACIONES TOSHIBA</i>	<i>123</i>
<i>APENDICE C: REQUISITOS DE ARQUITECTURA</i>	<i>130</i>
APENDICE D: MEDIDAS DE HOMOGENEIDAD PARA EL IMAN DE 0.35T	132
APENDICE E: DOCUMENTACION GRAFICA DEL PROCESO DE INTALACION.....	136
APENDICE F: NORMA ADJUNT PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA EQUIPOS DE MRI.....	150

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Estados de espín.....	7
Figura 1.2. Estado de espín en función de la intensidad de campo magnético	8
Figura 1.3. Esquema general de RMN.....	10
Figura 1.4. Diagrama de bloques para MRI.....	11
Figura 1.5. Imágenes del cerebro mediante RMN.....	13
Figura 1.6. Equipo para MRI.....	15
Figura 1.7. Cortes para MRI.....	18
Figura 1.8. Formación de la Imágenes.....	21
Figura 2.1. Diagrama de bloques.....	25
Figura 2.2. Componentes para MRT.....	28
Figura 2.3. Esquema del Gantry.....	32
Figura 2.4. Bobinas de gradiente en el Imán (a) la parte superior (b) parte inferior.....	35
Figura 2.5. Bobina de cabeza	37
Figura 2.6. Unidad de refrigeración.....	38
Figura 2.7. Detalle del Panel filtro/conector. Vista para la Sala de exploración.....	39
Figura 2.8. Detalle del Panel filtro/conector. Vista para la Sala de equipos.....	40
Figura 2.9. Consola de operador; vista frontal y vista superior	41
Figura 2.10. Cabina de control.....	46
Figura 3.1 Distancias mínimas para evitar distorsiones en el campo magnético.....	55
Figura 3.2 Vista frontal del imán con sus respectivas dimensiones.....	59
Figura 3.3 Diseño del piso de carga con relativas dimensiones.....	60
Figura 3.4.Fabricación de la Jaula de Faraday.....	62
Figura 3. 5 Gantry magnético en la sala de exploración	63

Figura 3.6. Gantry con cubiertas.....	65
Figura 3.7. Diagrama de la ubicación de los componentes de la sala de equipos.....	69
Figura 3.8. Esquema detallado de la Mesa de Paciente.....	73
Figura 3.9. Gantry y Mesa de paciente instalados.....	74
Figura 3.10. Consola del operador armada.....	75
Figura 4.1. Distancias y líneas de campos formados por el imán de 0.35T.....	86
Figura 4.2. Señal de zona restringida de MR.....	87
Figura 4.3. Señal de zona controlada de MR.....	88
Figura 4.4. Señal de zona de MR.....	88
Figura 4.6. Bobina y cable de conexión ECG.....	103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Señales de tejidos y órganos.....	20
Tabla 2.1 Detalle de las especificaciones del equipo.....	26
Tabla 2.2 Tipos de Bobinas.....	36
Tabla 2.3. Dimensiones de la unidad de refrigeración.....	37
Tabla 3.1 Dimensiones de Gantry y mesa del Paciente.....	64
Tabla 3.2 Especificaciones de los componentes de la sala de equipos.....	70
Tabla 4.1. Características del aceite de bebe.....	79
Tabla4.2. Campo magnético estático. Valores límite de referencia.....	91
Tabla 4.3. Medidas para los tejidos.....	96

INTRODUCCION

La aplicación de la resonancia magnética en la medicina es un avance en la ciencia que ha permitido brindar servicios de diagnóstico médico muy eficientes y precisos, en la actualidad esta técnica supera los exámenes de diagnóstico con Rayos X o TAC (Tomografía Axial Computarizada) porque genera imágenes con mayor resolución y detalle facilitando así el diagnóstico de parte del médico

Otra de las características de la RMN es que es una técnica de diagnóstico no invasiva ya que no utiliza radiaciones ionizantes, su principio de funcionamiento se basa en la aplicación de campos magnéticos homogéneos y estables al paciente.

La RMN cada vez es más usada como método de diagnóstico y cada vez se encuentra instalado en un mayor número de hospitales y clínicas especializadas. Las ventajas con respecto a otras técnicas de imagen médica son:

- La capacidad de penetración sobre el cuerpo humano. Es decir, la RMN permite penetrar hasta en el interior del hueso, de forma que podemos diagnosticar problemas que antes no eran susceptibles.
- Se trata de una técnica no invasiva, ya que, en contraposición al TAC, PET, y RX, esta técnica no ioniza las moléculas del cuerpo que son sometidas a este método, lo que evita cualquier prejuicio sobre la inocuidad de este método.
- Permite hacer cortes del cuerpo humano, en cualquier plano, se pueden realizar recomposiciones en 3D de las diferentes partes afectadas.
- Las imágenes de RMN tienen una calidad de imagen muy buena.

Para aprovechar al máximo las potencialidades de un MRT (Tomógrafo de resonancia magnética), donde se puede estudiar detalladamente las imágenes que generan y evitar errores de diagnóstico es indispensable que todos los componentes del equipo estén perfectamente INSTALADOS y que los técnicos, operadores y médicos tengan un conocimiento adecuado de los principios físicos que sustentan esta avanzada técnica de diagnóstico.

El presente trabajo de tesis pretende estudiar todos los aspectos relacionados con la instalación y mantenimiento de un sistema MRT, en particular el modelo TOSHIBA MRT-600EX adquirido por MEGAFLOR Neurodiagnóstico y Medicina ubicado en la ciudad de Riobamba.

Un equipo de Imagen por Resonancia Magnética Nuclear de reciente generación será de gran utilidad en el diagnóstico de enfermedades en la ciudad de Riobamba dado que las recientes técnicas han permitido la visualización del corazón con exquisito detalle anatómico desde cualquier ángulo y dirección. Otros avances en esta técnica permiten la visualización de las arterias y venas empleando la técnica denominada angiografía por resonancia magnética.

Un nuevo equipo es de vital importancia en una pequeña ciudad como Riobamba, dado que solo la Clínica Metropolitana cuenta con un equipo de Resonancia Magnética Nuclear pero de antigua generación con deficiencias y limitaciones en la realización de los exámenes de diagnóstico. De acuerdo a esta limitación se ha visto la necesidad de

adquirir un nuevo equipo que brinde servicio a la ciudad de Riobamba y sus alrededores para tener mejores diagnósticos médicos y prevenir enfermedades de riesgo.

En nuestro país esta técnica ha ido evolucionando siendo capaz de detectar diferentes patologías y tumores con el objetivo de salvar vidas a través del diagnóstico por imagen, pero es escasa la información acerca del control y mantenimiento del equipo por lo que es prudente conocer y familiarizarnos con la técnica de instalación y seguridades del equipo para proponer una guía para su adecuado uso y mantenimiento basándome en el funcionamiento físico y los conocimientos adquiridos en la carrera de Biofísica

En particular, en los equipos basados en RMN es fundamental para el buen funcionamiento del mismo, tener el control de todo el proceso de instalación y donde se cumplan requerimientos técnicos y de seguridad para que el equipo funcione de manera adecuada y tomar en cuenta detalles muy importantes por ser campos magnéticos de alta intensidad dado que así se puede contribuir con los técnicos, médicos y pacientes para obtener mejores imágenes diagnósticas; este es el fin por el cual se escogió como tema de tesis el “Estudio del proceso de instalación y presentar un sistema de control de calidad del equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo TOSHIBA MRT-600EX” en la ciudad de Riobamba.

OBJETIVOS

Objetivo General

Documentar el proceso de instalación del equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo TOSHIBA MRT-600EX y presentar un sistema de control de calidad para el mismo.

Objetivos Específicos

1. Desarrollar una guía adecuada y fácil de seguir para instalar un equipo de Resonancia Magnética Nuclear.
2. Describir los componentes del equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo TOSHIBA MRT-600EX dando las características necesarias y aplicables para el proceso de instalación
3. Analizar el proceso de instalación del equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo TOSHIBA MRT-600EX

4. Desarrollar un protocolo de control y mantenimiento periódico del hardware para la aplicación de Resonancia Magnética como técnica de diagnóstico.
5. Concientizar sobre los cuidados que debe tener el recurso humano que está en contacto con el campo magnético para MRI.

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN A LA RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

1.1 *FUNDAMENTOS FÍSICOS*

La espectroscopia de RMN fue desarrollada a finales de los años cuarenta para estudiar los núcleos atómicos. En 1951, los químicos descubrieron que la espectroscopia de resonancia magnética nuclear podía ser utilizada para determinar las estructuras de los compuestos orgánicos.

Esta técnica espectroscópica puede utilizarse sólo para estudiar núcleos atómicos con un número impar de protones o neutrones (o de ambos). Esta situación se da en los átomos de ^1H , ^{13}C , ^{19}F y ^{31}P .

Este tipo de núcleos son magnéticamente activos, es decir poseen espín, igual que los electrones, ya que los núcleos poseen carga positiva y poseen un movimiento de rotación sobre un eje que hace que se comporten como si fueran pequeños imanes.

En ausencia de campo magnético, los espines nucleares se orientan al azar. Sin embargo cuando una muestra se coloca en un campo magnético, tal y como se muestra en la figura (1.1) los núcleos con espín positivo se orientan en la misma dirección del campo, en un estado de mínima energía denominado estado de espín α , mientras que los núcleos con espín negativo se orientan en dirección opuesta a la del campo magnético, en un estado de mayor energía denominado estado de espín β .

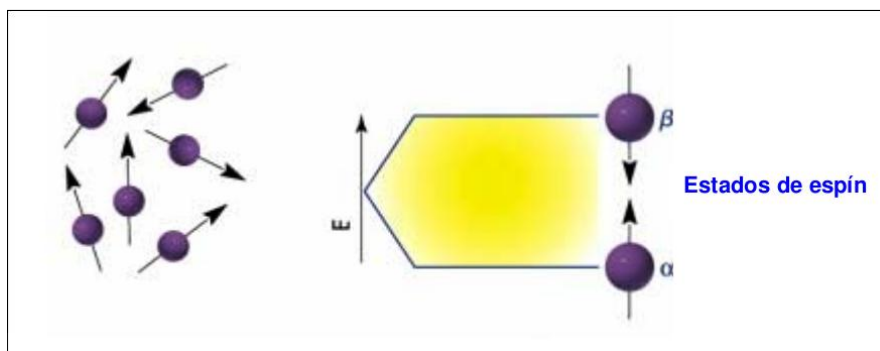


Figura 1.1. Estados de espín

Existen más núcleos en el estado de espín α que en el β pero aunque la diferencia de población no es enorme sí que es suficiente para establecer las bases de la espectroscopia de RMN.

La diferencia de energía entre los dos estados de espín α y β , depende de la fuerza del campo magnético aplicado H_0 . Cuanto mayor sea el campo magnético, mayor

diferencia energética habrá entre los dos estados de espín. En la figura 1.2. se representa el aumento de la diferencia energética entre los estados de espín con el aumento de la fuerza del campo magnético.

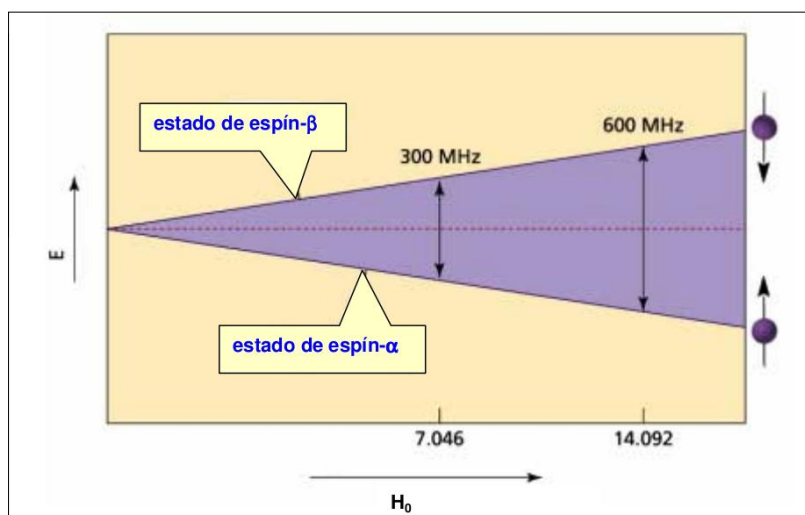


Figura 1.2. Estado de espín en función de la intensidad de campo magnético

Cuando una muestra que contiene un compuesto orgánico es irradiada brevemente por un pulso intenso de radiación, los núcleos en el estado de espín α son promovidos al estado de espín β . Esta radiación se encuentra en la región de las radiofrecuencias (RF) del espectro electromagnético por eso se le denomina radiación RF. Cuando los núcleos vuelven a su estado inicial emiten señales cuya frecuencia depende de la diferencia de energía (ΔE) entre los estados de espín α y β . [15]

El espectrómetro de RMN detecta estas señales y las registra como una gráfica de frecuencias frente a intensidad, que es el llamado espectro de RMN. El término resonancia magnética nuclear procede del hecho de que los núcleos están en resonancia

con la radiofrecuencia o la radiación RF. Es decir, los núcleos pasan de un estado de espín a otro como respuesta a la radiación RF a la que son sometidos.

La siguiente ecuación muestra la dependencia entre la frecuencia de la señal y la fuerza del campo magnético H_0 (medida en Teslas, T). [24]

$$\Delta E = h \nu = (h\gamma/H_0)$$

Donde γ = radio giromagnético

El valor del radio giromagnético depende del tipo de núcleo que se está irradiando; en el caso del ^1H es **42,58 MHz / T**

Si el espectrómetro de RMN posee un imán potente, éste debe trabajar a una mayor frecuencia puesto que el campo magnético es proporcional a dicha frecuencia. Así por ejemplo, un campo magnético de 14.092 T requiere una frecuencia de trabajo de 600 MHz.

Hoy en día los espectrómetros de RMN trabajan a 200,300, 400, 500 y 600 MHz.

1.1.1 El espectrómetro de Resonancia Magnética Nuclear

A continuación, se muestra de forma esquemática los principales componentes de un equipo para medidas de resonancia magnética nuclear.

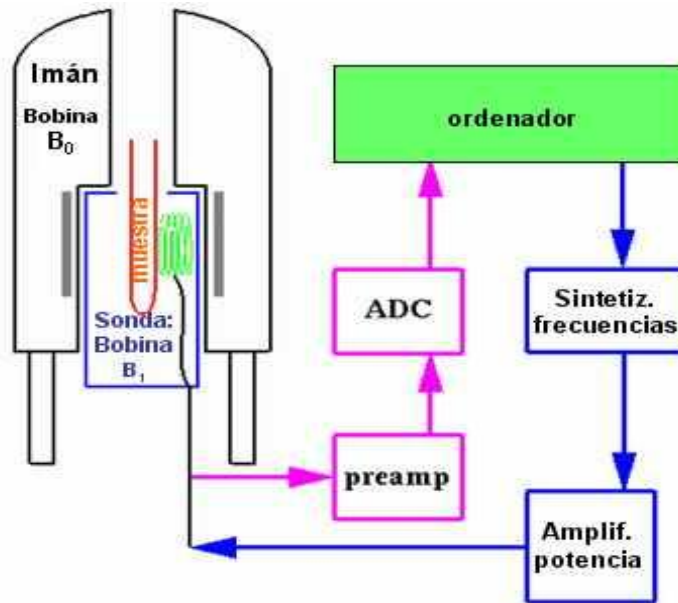


Figura 1.3. Esquema general de RMN [22]

Como se observa, el espectrómetro de RMN consta de cuatro partes principales:

- Un imán estable, con un controlador que produce un campo magnético preciso.
- Un transmisor de radiofrecuencias, capaz de emitir frecuencias precisas.
- Un detector para medir la absorción de energía de radiofrecuencia.
- Un ordenador para realizar las gráficas que constituyen el espectro de RMN.

Como el corto pulso de radiofrecuencia cubre un amplio rango de frecuencias los protones individualmente absorben la radiación de frecuencia necesaria para entrar en resonancia (cambiar de estado de espín). A medida que dichos núcleos vuelven a su posición inicial emiten una radiación de frecuencia igual a la diferencia de energía entre estados de espín. La intensidad de esta frecuencia disminuye con el tiempo a medida que todos los núcleos vuelven a su estado inicial.

Un ordenador recoge la intensidad respecto al tiempo y convierte dichos datos en intensidad respecto a frecuencia, esto es lo que se conoce con el nombre de transformada de Fourier (FT-RMN).

1.2 TOMOGRAFO DE RESONANCIA MAGNETICA (MRT)

Un espectrómetro de RMN debe ser capaz de generar y enviar a la muestra las radiofrecuencias adecuadas (en amplitud, frecuencia, fase) en los momentos adecuados (con un programador de pulsos) y detectadas en el momento adecuado (receptor).

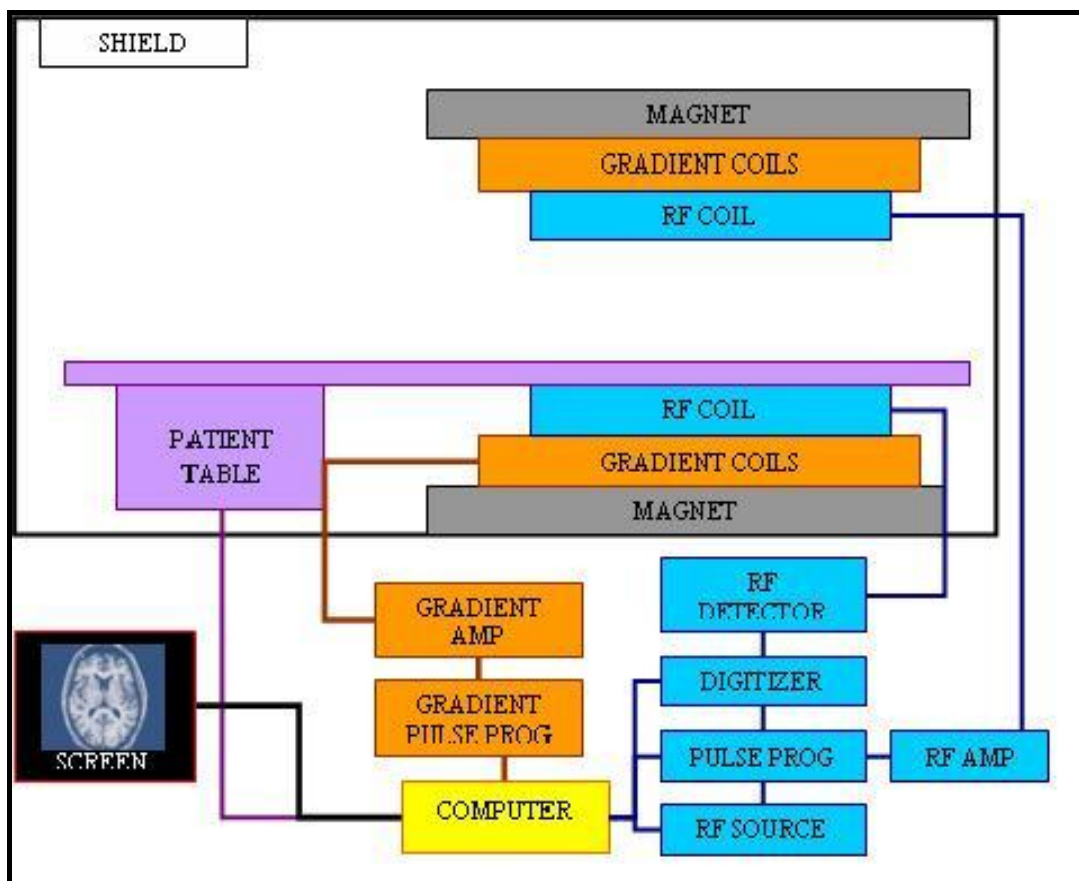


Figura 1.4. Diagrama de bloques para MRI

Es decir, un espectrómetro es básicamente un imán, una bobina y un sistema de transmisión-recepción de radiofrecuencia. Lo demás son accesorios del espectrómetro ("lock", regulación de temperatura, preamplificadores, filtros, conversores analógico/digital (ADC), generación de gradientes de campo, ordenadores, etc.).

En la resonancia magnética, la frecuencia a la que los protones (que son los núcleos utilizados en MRI) absorben y remiten está determinada por la magnitud del campo magnético al que están sometidos. En las imágenes por resonancia magnética, se utilizan campos magnéticos con gradientes lineales para relacionar distintas frecuencias con diferentes regiones del espacio.

Los gradientes consisten en pequeñas perturbaciones (menores al 1%) producidas al campo magnético principal. Estos gradientes se aplican por cortos períodos de tiempo. En imágenes se utilizan tres gradientes, uno para la dirección x , otro para la y y otro para z .

Ante la presencia de campos gradiente, la ecuación de Larmor se generaliza de la siguiente manera:

$$\omega_i = \gamma \cdot (\mathbf{B}_0 + \mathbf{G} \cdot \mathbf{r}_i)$$

donde, ω_i es la frecuencia del protón en la posición \mathbf{r}_i y \mathbf{G} es un vector que representa la amplitud del gradiente y su dirección. Usualmente \mathbf{G} se expresa en miliTesla por metro.

[9]

La ecuación anterior expresa que, ante la presencia de un campo gradiente, cada protón resonará a una frecuencia única que dependerá de su posición exacta dentro del campo.

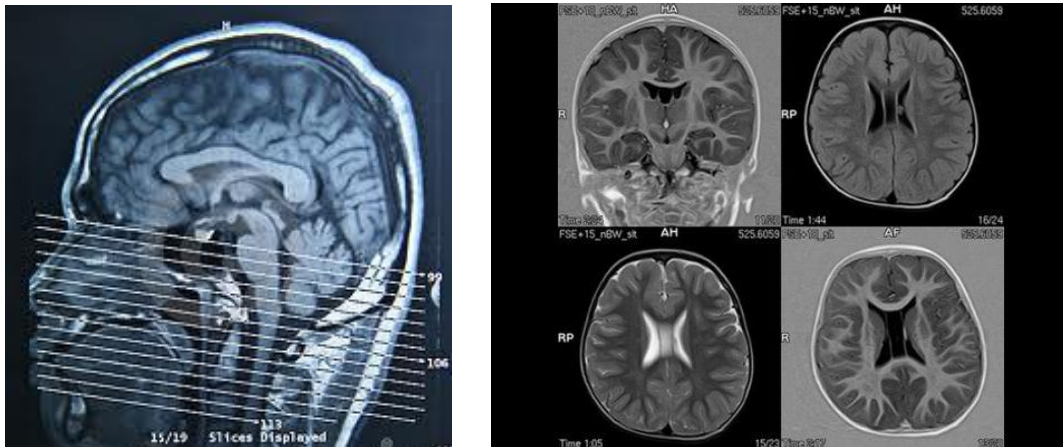


Figura 1.5. Imágenes del cerebro mediante RMN

La imagen de resonancia magnética es un mapa de las frecuencias de los protones generadas por un campo magnético distinto para cada punto de la imagen. La intensidad del elemento de la imagen, es proporcional al número de protones contenidos dentro de un volumen elemental.

En el campo de la MRI clínica, *el núcleo de hidrógeno (^1H)* es el más utilizado en imagenología debido a la abundancia del mismo en los tejidos biológicos.

Otros tipos de núcleos tales como ^{13}C , ^{19}F , ^{31}P , o ^{23}Na también exhiben un espín nuclear neto y pueden ser captados en imagen de RMN. Sin embargo, a nivel de los tejidos biológicos, estos núcleos son mucho menos abundantes que el hidrógeno y requieren de

una cadena de RF dedicada y sintonizada con la frecuencia de resonancia de los mismos.

1.2.1 Principios básicos

La generación de imágenes mediante RM proviene de la recogida de ondas de radiofrecuencia procedentes de la estimulación de la materia a la que se le ha magnetizado previamente mediante la acción de un campo magnético (H_0). Los núcleos (con los más abundantes son los de H en el organismo humano) son capaces de aceptar y emitir energía (resuenan) al ser sometidos a la acción de las ondas de RF, que cumplen la ley de LARMOR:

$$FP = \gamma H_0$$

Donde:

- FP: Frecuencia de precesión.
- γ : Constante giromagnética propia de cada núcleo magnetizable.
- H_0 : Intensidad del campo magnético principal. [28]

Los componentes fundamentales de un tomógrafo por RM son:

- ❖ Imán: Creador de un campo magnético.
- ❖ Antena Emisora: De frecuencia.
- ❖ Antena receptora: Donde se recoge la señal.
- ❖ Ordenador: Sistema de representación de imagen o de análisis espectrométrico.

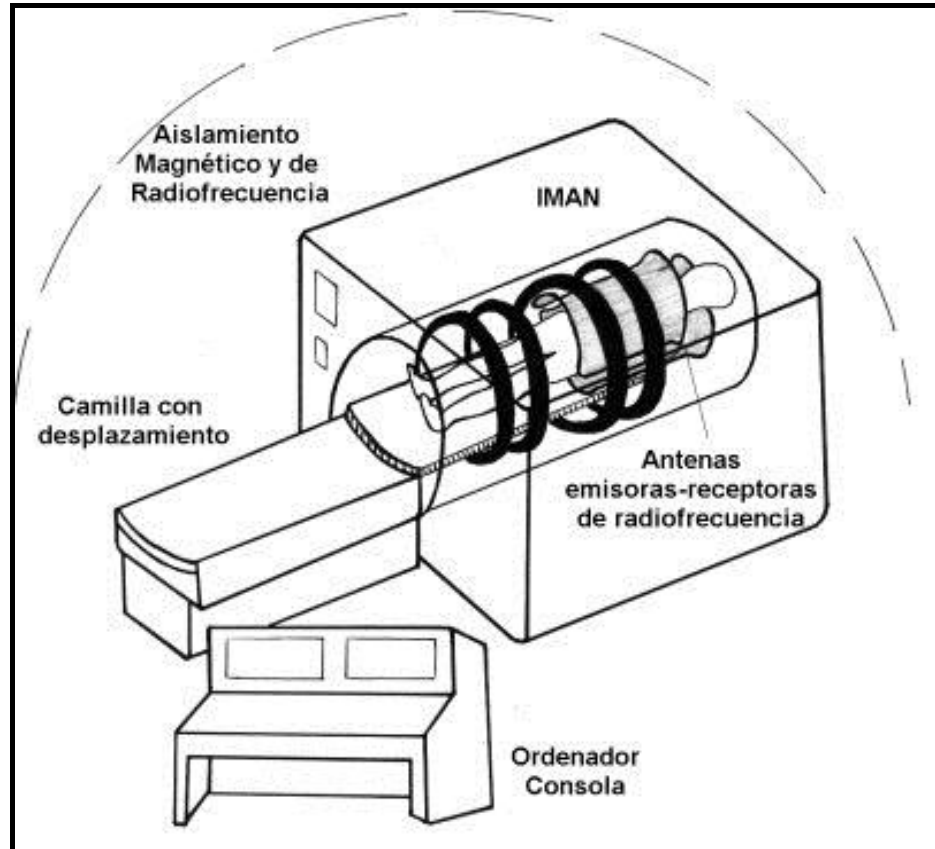


Figura 1.6. Equipo para MRI

Diremos que se ha producido el fenómeno de RESONANCIA MAGNÉTICA DE LOS NÚCLEOS DE HIDROGENO, o bien, que los núcleos de H han entrado en resonancia con la emisión de radiofrecuencia.

El vector magnetización realiza un movimiento de giro sobre la dirección del campo magnético a la frecuencia de la radiación absorbida.

A este movimiento del vector M se le denomina movimiento de mutación.

1.2.2 El campo magnético

El campo magnético es una magnitud vectorial, en una RM este campo lo crea el IMÁN. El campo magnético se expresa en unidades de inducción magnética, las utilizadas son:

- Tesla (T)

- Gauss

La equivalencia es $1\text{T} = 10.000\text{ Gauss}$

Los aparatos de RM se enumeran como de bajo, medio o alto campo magnético, según el valor del campo magnético.

1.3 *PRINCIPIOS BASICOS SOBRE MRI*

1.3.1 La materia y sus propiedades

Al colocar un cuerpo en un campo magnético, se comporta de una forma particular de acuerdo con su configuración interna.

Este comportamiento se cuantifica mediante SUBCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (X).

- **Si $X < 0$** los cuerpos se denominan DIAMAGNÉTICOS. En su interior el campo magnético es menor que el campo magnético al que está sometido. Estos cuerpos en general no presentan movimientos al colocarlos en un campo magnético, o si acaso tenderían mínimamente a desplazarse hacia las regiones donde el campo magnético es menor.

- **Si X>O PARAMAGNÉTICOS.** En su interior el campo magnético es superior que el campo al que está sometido y tienden a desplazarse a zonas donde el campo magnético es mayor.

Los quelatos de iones, como el gadolinio utilizados como contraste en IRM, aprovechan el paramagnetismo del ion gadolinio.

1.3.2 Aspectos técnicos en la obtención MRI.

La calidad de las señales de resonancia emitidos por la materia dependen de varios parámetros fundamentales.

Los tiempos de relajación de los protones (o de cualquier núcleo resonante) son completamente dependientes del resto de los átomos que los rodean, ya que estos modifican sus características de movimiento físico en relación con su entorno midiéndose mediante:

- el T1 o TIEMPO DE RELAJACIÓN LONGITUDINAL
- el T2 o TIEMPO DE RELAJACIÓN TRANSVERSAL

Los tiempos de relajación (T1 y T2), densidad de los núcleos resonantes y velocidad de flujo de materia estudiada, los tiempos de relajación (T1 y T2), son fundamentalmente tiempos que miden la rapidez o lentitud de cómo se recuperan los núcleos resonantes al ser sometidos o perturbados por las ondas de radiofrecuencia adecuados. [5]

Para obtener imágenes adecuadas se requieren equipos de media o alta intensidad de campo magnético (más de 0,3 T) los más utilizados son los de 0,5 T o 1,5 T.

En estudios convencionales las secuencias de pulso habituales son los Spin-eco (SE) obteniéndose dos tipos de imágenes principales:

- Corto tiempo de repetición TR
- T1 y T2
- Corto tiempo de eco (imágenes que son de mayor calidad anatómica).

Las imágenes que vemos con la RMN (Resonancia Magnética Nuclear) o MRI (Imagen por Resonancia Magnética) se realizan mediante cortes según los 3 planos en que dividimos el cuerpo humano:

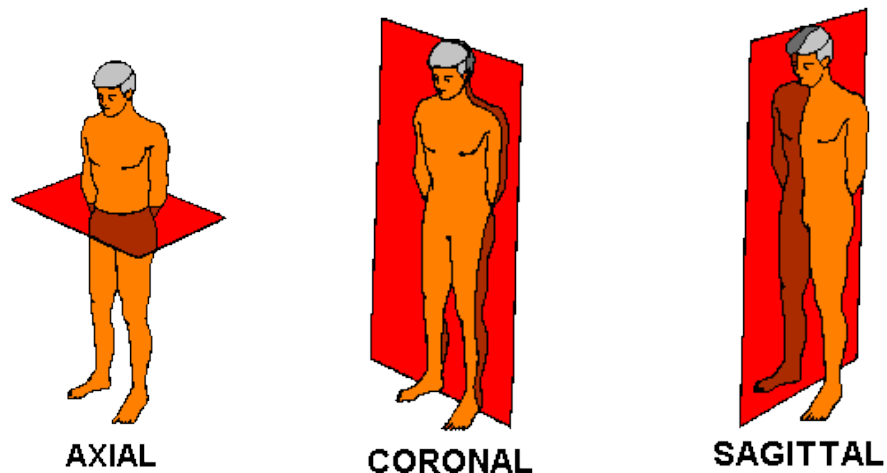


Figura 1.7. Cortes para MRI.

1.3.3 Los tres parámetros fundamentales en MRI

- **DENSIDAD PROTÓNICA**

- Densidad de spines

- Densidad de Hidrógeno

- **RELAJACIÓN T1**

- Relajación spin-malla

- Relajación longitudinal

- **RELAJACIÓN T2**

- Relajación spin-spin

- Relajación transversal

Estos parámetros son los que definen como se muestra la imagen ya procesada y la intensidad de negro o blanco que muestra cada zona, y la escala que toma de acuerdo a el órgano es la siguiente según los 3 parámetros de MRI

Existe una secuencia intermedia DENSIDAD PROTÓNICA que fundamentalmente lo que detecta es la calidad de protones. A esta frecuencia estándar (FE), ampliamente utilizada se le añaden otros dependiendo del órgano o de la patología que se quiere detectar. [9]

TABLA 1.1. SEÑALES DE TEJIDOS Y ÓRGANOS.

	<u>BLANCO</u>	<u>GRIS</u>	<u>NEGRO</u>
T1	GRASA HEMORR. SUBAGUDA CONTRASTE MAGNET SUSTANCIA BLANCA	SUSTANCIA GRIS HIGADO. BAZO PANCREAS RIÑON MÚSCULOS LESIONES CON AGUA	LCR ORINA QUISTES TENDONES VASOS AIRE FIBROSIS
T2	LCR ORINA QUISTES TUMORES RIÑÓN. BAZO AGUA LIBRE	SUSTANCIA GRIS GRASA	SUSTANCIA BLANCA PÁNCREAS. HÍGADO. MÚSCULO. HUESO CORTICAL. TENDONES. AIRE. VASOS

Menor detalle anatómico, requieren más tiempo en su obtención pero en términos generales son de mayor sensibilidad en la detección de patología. En último término es la comparación de las imágenes en ambas secuencias T1 y T2 los que proporcionan la información de la lesión.

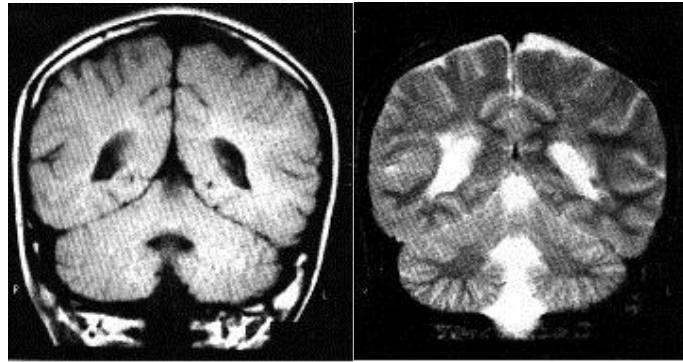


Imagen en T1

Imagen en T2

Figura 1.8. Formación de la Imágenes

1.3.4 Ventajas e inconvenientes de la MRI

La IRM tiene ventajas significativas sobre los restantes sistemas de diagnóstico por imagen empleadas en la actualidad:

- ✓ Mejor resolución de bajo contraste.
- ✓ No utiliza radiaciones ionizantes.
- ✓ Imagen multiplanares directas.
- ✓ Sin artefactos derivados al aire o a los huesos.
- ✓ Medidas de flujos directas.

La MRI no se basa en un solo parámetro como el coeficiente de atenuación de rayos X, sino en tres parámetros independientes T1, T2 y densidad spin o densidad protónica (DS o DP), además de varios parámetros secundarios.

Los parámetros de IRM varían considerablemente de un tejido a otro. Mientras que el coeficiente de absorción de rayos X solo varía en 1% entre distintos tejidos, la densidad de spin y el tiempo de relajación T1 de los mismos tejidos difieren un 20–30%.

El tiempo de relajación T2 difiere en un 40% para los mismos tejidos. Esas diferencias intrínsecas en los parámetros de IRM son los responsables DE SU EXCELENTE RESOLUCIÓN DE BAJO CONTRASTE, que constituye la principal ventaja de la técnica.

1.3.4.1 La MRI no emplea radiaciones ionizantes.

La imagen se obtiene mediante campos magnéticos de radiofrecuencia, con lo que se evitan incluso pequeños riesgos que acompañan a las dosis bajas de radiación administradas en TC o en los exámenes convencionales de Rx.

La región anatómica a explorar no está delimitada por el tamaño, de la grúa, como sucede en la TC, sino que puede ser controlada electrónicamente, ello permite obtener planos transversales, además de planos coronales, sagitales y oblicuos.

Se pueden obtener imágenes volumétricas sin modificar la posición del paciente, esa capacidad para obtener vistas en múltiples planos, recibe el nombre de imágenes multiplicas, que es otra de las ventajas claras de las MRI.

La MRI ofrece otras ventajas significativas, no existen artefactos derivados del aire o de los huesos, como sucede en la TC. El flujo de la sangre puede ser visualizado y cuantificado.

CAPITULO II

2 EQUIPO DE RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR MODELO TOSHIBA MRT-600EX DE MEGAFLOR NEURODIAGNOSTICO Y MEDICINA”

2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO

En este capítulo se realiza la descripción del sistema MRT en la cual se dan las características de los componentes del equipo que se instalo para la realización de MRI, para un mejor manejo.

Además es muy importante saber la utilidad de cada componente físico que será instalado en el área de RM para identificar su uso adecuado y los cuidados que se debe tomar en casos de daños

El equipo de RMN estudiado en esta tesis es fabricado por Toshiba, modelo MRT-600EX consta de componentes fundamentales para la obtención de imágenes médicas, dado a la gran importancia y complejidad del equipo, los mismos que se exponen en el siguiente diagrama de bloques que resumen el sistema MRT.

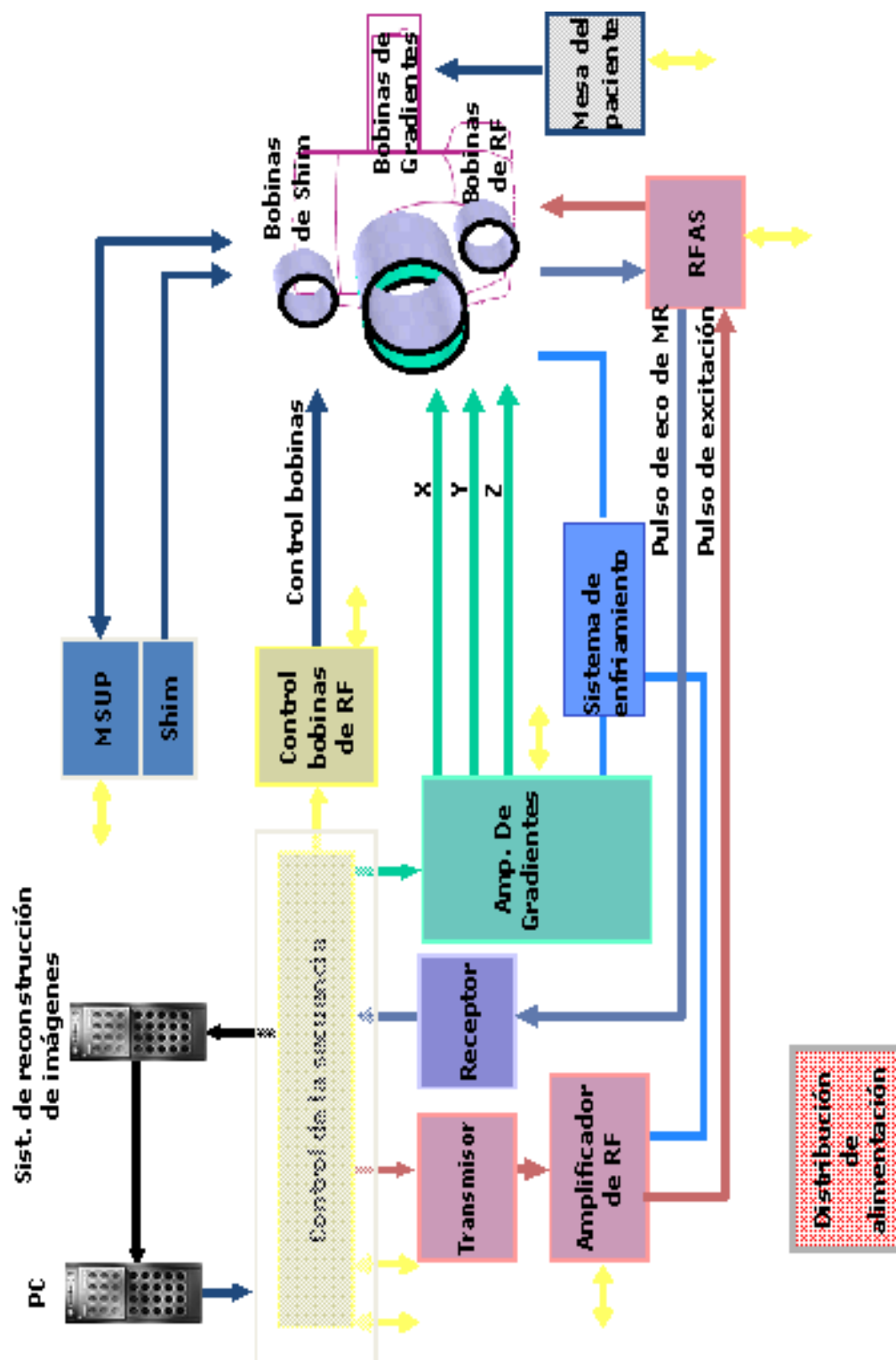


Figura 2.1 Diagrama de bloques del modelo MRT-600EX

ESPECIFICACIONES

Tabla 2.1 Detalle de las especificaciones del equipo [17]

Descripción del equipo para MRI	Detalles
Fecha de fabricación:	2000
Modelo:	MRT-600EX
Característica	Menos Criógeno- imán abierto superconductor de 0.35T
Software:	V4.00 R625
Procesador	320 MB, 4 GB de disco duro
Monitor	LCD
Gradiente:	10 mT / m
Velocidad de respuesta:	20 T / m / s.
DICOM	3.0 Tienda / Imprimir / lista de trabajo

COMPONENTES

- ✓ Pórtico del Imán
- ✓ Mesa del paciente
- ✓ Consola del Operador
- ✓ Cabina de control
- ✓ Fuente de alimentación del Gradiente
- ✓ magneto-óptico regrabable 5 1/4 "

- ✓ Disco duro con los 5 MOD
- ✓ Unidad de refrigeración
- ✓ Salida digital de la cámara láser
- ✓ Filtro/Panel en el blindaje de la sala de RF
- ✓ Cables
- ✓ Kit Phantom Opart QA
- ✓ Sistema de intercomunicación Paciente/Operador
- ✓ Accesorios para colocación del paciente

2.2 EQUIPO MRT-600EX

El modelo MRT-600EX (OPART) es un sistema de resonancia magnética abierto de 0.35T superconductor con menos uso de criógeno diseñado para combinar las ventajas de acceso de los pacientes del sistema abierto de resonancia magnética con el rendimiento de alta calidad de imagen de resonancia magnética superconductora.

Opart combina las ventajas económicas de diseño abierto con una calidad de imagen y aplicaciones de superconductores para maximizar la utilización de activos.

Características de rendimiento:

Opart incorpora tecnologías digitales innovadora como RF, los gradientes de alta velocidad y una amplia gama de bobinas de RF optimizada que apoyan las aplicaciones avanzadas de MRI.

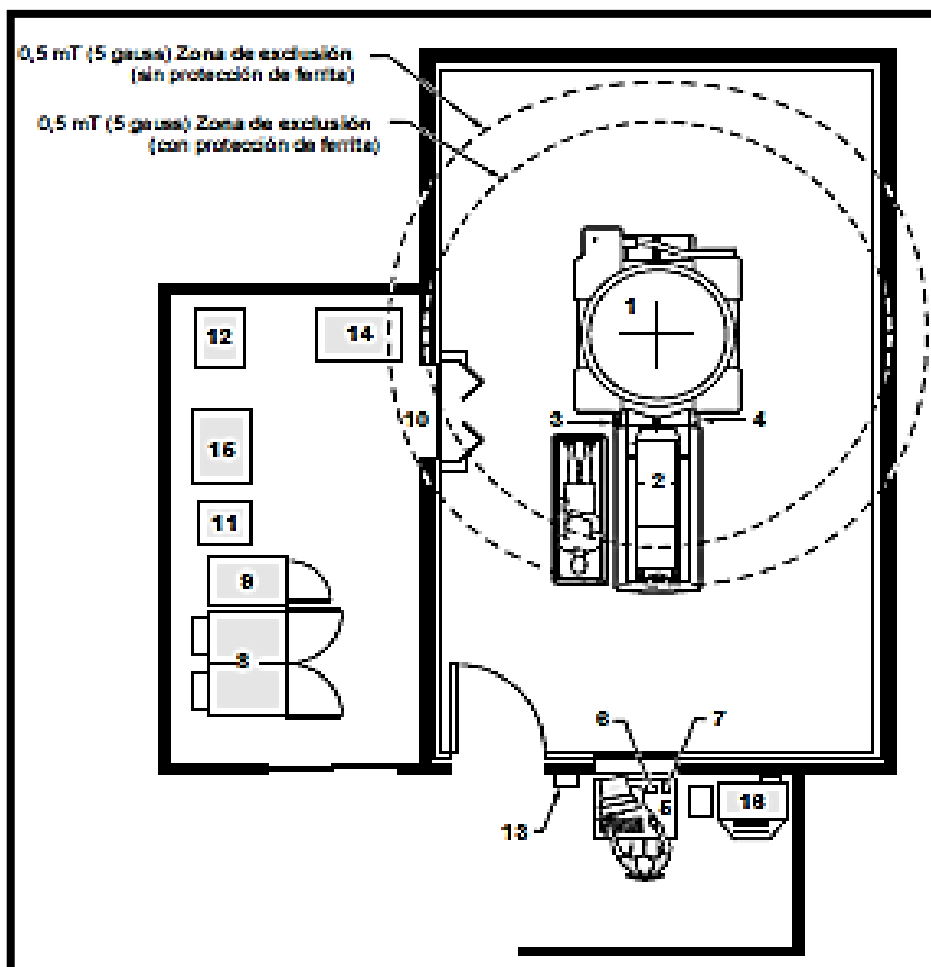


Figura 2.2. Componentes para MRT

La siguiente lista es de los componentes del equipo OPART de acuerdo al diagrama anterior según la numeración dada así:

- 1. Imán**
- 2. Mesa del paciente**
- 3. Botón de parada de emergencia en la caja de bobinas**
- 4. Intercom de paciente**
- 5. Consola del operador**
- 6. Botón de parada, interruptor de apagado/encendido en la caja de interruptores**

7. Intercom del tecnólogo
8. Cabina de control
9. Fuente de alimentación de gradientes
10. Panel filtro/conector
11. Compresor
12. Transformador
13. Interruptor de emergencia de apagado total del sistema(EMO)
14. Climatizador
15. Intercambiador de calor
16. Visualizador laser

En resumen y con conceptos generales el equipo consta de:

- Imán creador del campo electromagnético. Este es el componente básico de un sistema de imágenes por resonancia magnética. La consideración primaria en lo que respecta a la calidad del imán es la homogeneidad o uniformidad de su campo magnético.
- Mesa del paciente. Es una mesa manual según la referencia de acuerdo a el imán y de material acorde con el equipo modelo RMT-600EX
- Sistema de radiofrecuencia. El sistema transmisor de RF es responsable de la generación y transmisión, por medio de una bobina transmisora (antena), de la energía de radiofrecuencia utilizada para excitar los protones en el momento de realizar el examen.
- Sistema de adquisición de datos. Es el encargado de medir las señales provenientes de los protones y digitalizarlas para su procesamiento posterior.

- El sistema de resonancia magnética OPART modelo RMT-600EX utilizan una bobina receptora para detectar los voltajes inducidos por los protones luego del pulso de RF. Para estudios de grandes volúmenes de tejido (como en imágenes del cuerpo o la cabeza), la bobina transmisora sirve también como bobina receptora.
- Ordenador para analizar las ondas y representar la imagen. Además permite controlar todas las funciones del scanner. Se pueden seleccionar o modificar parámetros, visualizar o guardar las imágenes de los pacientes en distintos medios, y realizar procesos posteriores sobre las imágenes (como zoom en regiones de interés).
- Equipo de refrigeración. Además de afectar la carga positiva de los protones, el electromagnetismo también genera una gran cantidad de calor, por lo que cuentan con potentes sistemas refrigerantes. Esta refrigeración se logra introduciendo, en tuberías especiales sustancias criogénicas como el helio que utiliza el equipo de refrigeración LEYBOLD.
- Sala de exploración. El equipo de resonancia magnética se encuentra dentro de un cuarto forrado de cobre en su interior para evitar interferencias de ondas que pudieran llegar del exterior. A esto se le llama “Jaula de Faraday”.
- Botones de parada de emergencia. Ubicados en sitios estratégicos, en situaciones de riesgo para parar la exploración del paciente por algún inconveniente.
- Interruptor de emergencia. sirve para apagar el equipo totalmente

- Componentes ambientales. Es necesario contar con un climatizador para mantener la temperatura del lugar de acuerdo con las condiciones para trabajo del equipo.
- Intercambiador de calor

2.3 COMPONENTES DEL “HARDWARE” MODELO MRT-600EX

Los componentes principales del “hardware” MRI para ser instalados en “MEGAFLOR Neurodiagnóstico y Medicina” modelo Toshiba MRT-600EX están descritos a continuación.

El diseño del sistema Toshiba MRT-600EX de imágenes le permite ser instalado en lugares donde muchos otros equipos de imágenes no se pueden instalar.

Se tiene varias características de diseño que contribuyen a un a un régimen de requisito menos estrictos para la construcción del sitio de instalación por lo que el espacio físico se reduce en gran medida.

Para un mayor detalle de las medidas de los componentes se adjunta las ilustraciones de los principales en el *Apéndice A*

2.3.1 GANTRY MAGNÉTICO

El electroimán con bobinas superconductoras es el componente clave del sistema de imagen (Figura 2.3). El gantry magnético consiste en:

- el imán,
- las cubiertas del imán,
- las bobinas de gradiente y
- la cabeza fría de la unidad de refrigeración.

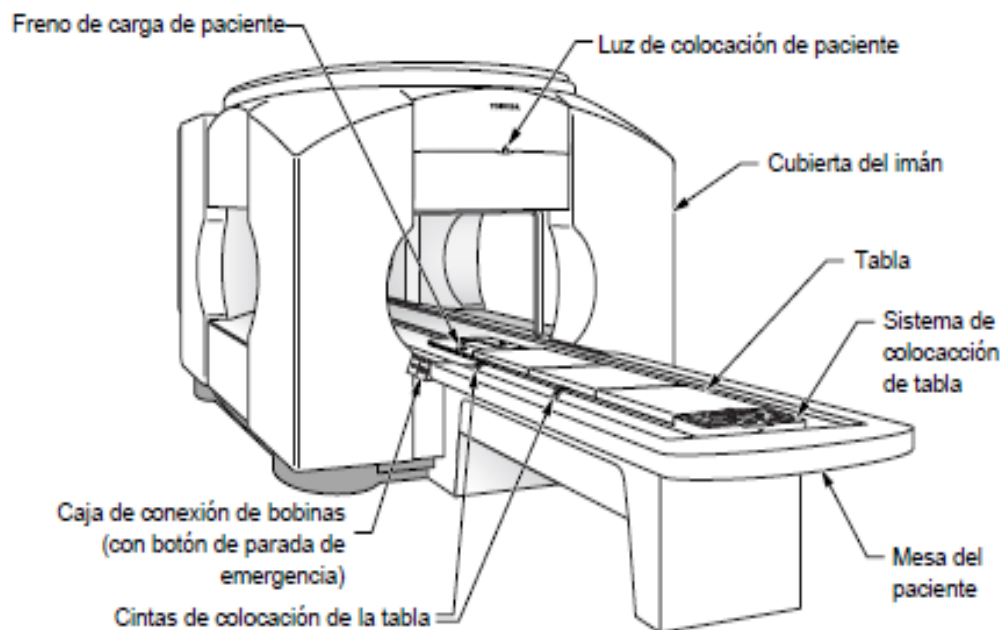


Figura 2.3. Esquema del Gantry

Cada parte de la figura anterior cumple una función indispensable y tiene características únicas del modelo MRT-600EX, que no se pueden modificar ya que contribuyen con el funcionamiento de productividad para la técnica de diagnóstico por RM.

2.3.1.1 Imán

Descripción

Es un *Imán superconductor Abierto de 0.35T* su diseño de cuatro lados abierto es a la vez auto-protegidos y con ***cryogenless*** eliminando así la necesidad de recargas de criógeno de rutina:

Imán de alta homogeneidad maximiza la calidad de la imagen para la amplia población de pacientes.

La homogeneidad se ha optimizado con un sistema pasivo de calce en el piso. Este método estable no requiere un mantenimiento regular.

Características

- El imán, con las cubiertas, y la bobina de gradiente, pesa menos de 12,340 kg para el sistema del modelo estándar Toshiba MRT-600EX.
- El sistema tiene un consumo de energía promedio de 12.9 kVA, pero se recomienda que se use un suministro de 30 kVA.
- Margen reducido de campo de 0.5 mT (5 gauss) zona de exclusión se extiende a un área de sólo 2.9 m horizontalmente y 3.7 m vertical desde el centro del imán. [21]

2.3.1.2 Bobinas de gradiente

Las bobinas de gradiente son para producir los gradientes en el B_0 campo magnético. Son bobinas a temperatura ambiente colocadas en la parte superior e inferior del imán, que debido a su configuración, crear el gradiente deseado. [18]

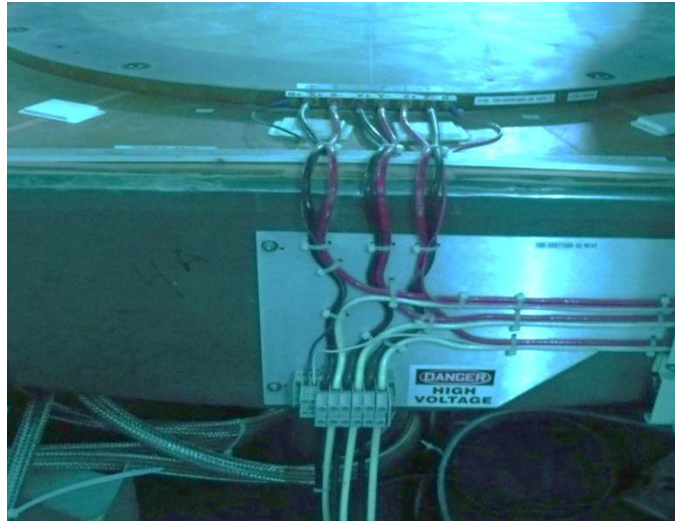
Puesto que el campo horizontal del imán superconductor es más común, el sistema de bobinas de gradiente se ha descrito para este imán.

Suponiendo que el sistema de coordenadas estándar de resonancia magnética da el sistema de coordenadas, un gradiente en B_0 en la dirección Z. El campo B en una bobina añade al B_0 campo, mientras que el campo B en el centro de la otra bobina se resta de la B_0 campo.

Por lo cual están en el imán para modificar el campo magnético estable en los planos para la dirección x, otro para la y y otro para z.



(a)



(b)

Figura 2.4. Bobinas de gradiente en el Imán (a) la parte superior (b) parte inferior

2.3.1.3 Cubiertas

Las cubiertas son necesarias para cubrir el imán totalmente y que este sellado con tornillos de plástico, son cubiertas por partes de cada lado del imán y consta de:

- 1 tapa para cubrir la parte superior del imán,
- cubiertas de la parte interna,
- 8 cubiertas laterales
- 8 cubierta para los pilares del imán
- 4 cubiertas para las base(patas) del imán

Las mismas que se entrelazan entre sí para ser perfectamente atornilladas unas con otras con tornillos de plástico.

2.3.1.4 Bobinas de RF

Las bobinas de RF crean el campo B_1 que gira la magnetización neta en una secuencia de impulsos. También detecta la magnetización transversal como precesión en el plano XY.

Las bobinas de RF sirven como transmisor del campo B_1 y el receptor campos de energía de RF desde la zona estudiada. Una bobina de transmisión sólo se utiliza para crear el B_1 campo y una bobina de recepción sólo se utiliza en conjunción con el para detectar o recibir la señal procedente de los espines en la zona estudiada. [19]

Están disponibles las siguientes bobinas para utilización en el sistema OPART de Toshiba modelo MRT-600EX.

Tabla 2.2 Tipos de Bobinas [24]

<i>BOBINAS</i>	
<i>Bobina de transmisión abierta</i>	<i>Bobina de cinturón pequeño</i>
<i>Bobina de cabeza</i>	<i>Bobina de cinturón grande</i>
<i>Bobina de cuello con extensor</i>	<i>Bobina de hombro</i>
<i>Bobina de columna-T</i>	<i>Bobina de extremidad</i>
<i>Bobina de cuerpo pequeño</i>	<i>Bobina bilateral</i>
<i>Bobina de cuerpo grande</i>	



Figura 2.5. Bobina de cabeza

2.3.1.5 Unidad de refrigeración

Es aplicado para la refrigeración directa del imán superconductor usado para poner en marcha el equipo de resonancia magnética de Toshiba modelo MRT-600EX que tiene que ser enfriado y permanecer a temperatura constante desde su puesta en funcionamiento.

El helio líquido es la sustancia aplicada al imán para que se enfriara ya que el imán viene sellado al vacío, y la cabeza fría tiene el objetivo de refrigeración de alta energía física.

Tabla 2.3. Dimensiones de la unidad de refrigeración

Dimensiones	Ancho	Altura	Profundidad	Peso
Compresor:	0.46 m (17.52in)	0.62m (24.65in)	0.56m (22.25in)	95 kg (209 lbs).
Cabeza fría:	0.40m (16in)	0.64m (25,25 in)	0.17m (7in)	14 kg (31 lbs.)



Figura 2.6. Unidad de refrigeración

La cabeza fría de Leybold se ubica en la parte posterior del imán y se le conecta con tuberías especiales de entrada y salida con la siguiente capacidad de enfriamiento:

- Primera etapa a una temperatura 50 K es 45 W
- Segunda Etapa a una temperatura 4,2 K es 1,0 W

La presión de llenado de helio en la sala de Temperatura es de 14 bares (1400 kPa) a 60 Hz y 15 bares (1500 kPa) a 50 Hz

- **Capacidad de refrigeración en 60Hz / 50Hz**
- **Temperatura ambiente: 5 - 40 ° C (41 - 104 ° F)**
- **La temperatura del refrigerante de entrada: 5 - 25 ° C (41 - 77 ° F)**
- **Máximo rendimiento del refrigerante: 10 l / min (2,6 l / min)**

2.3.1.6 Panel FILTRO / CONECTOR

Es suministrado por Toshiba de diseño exclusivo para todas las conexiones entre la Sala de Exploración y la Sala de Equipos de acuerdo con las características del sistema MRT-600EX. En la figura (2.7. y 2.8.) se detalla todos los posibles conectores que se pueden utilizar para la instalación

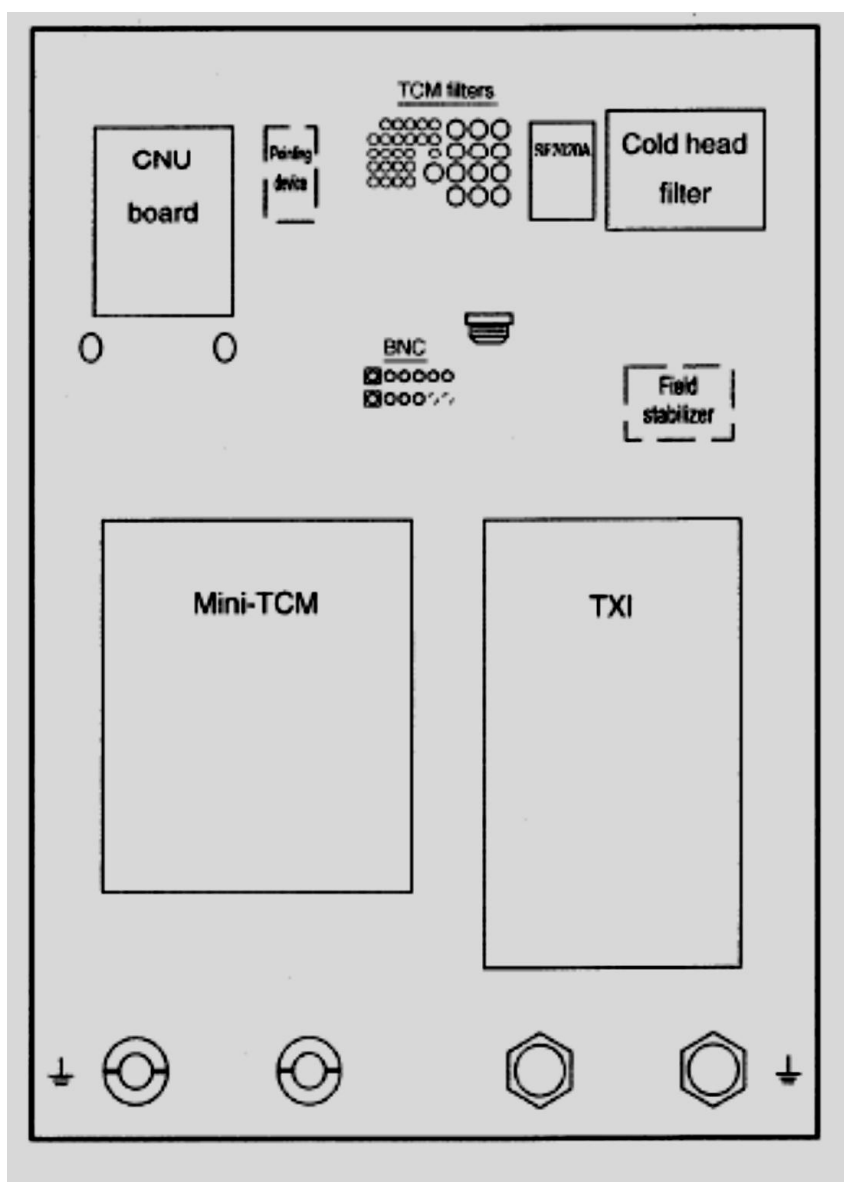


Figura 2.7. Detalle del Panel filtro/conector. Vista para la Sala de exploración

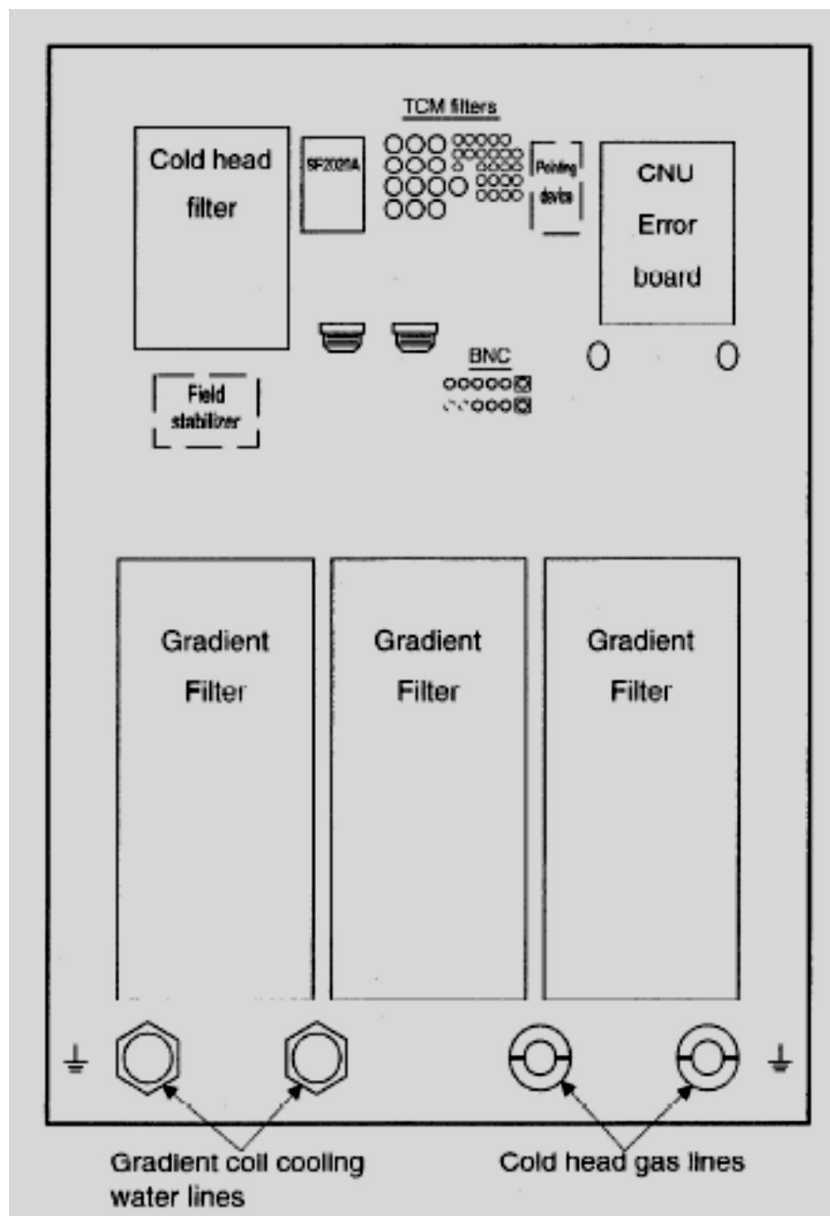


Figura 2.8. Detalle del Panel filtro/conector. Vista para la Sala de equipos

2.3.2 CONSOLA DE OPERADOR

En el modelo Toshiba MRT-600EX el sistema de imagen OPART se controla mediante un ordenador principal de Silicon Graphics, Inc. (SGI), que estará situado en la sala de control.

La consola de operador (sistema de control de operador) que se muestra en Figura 2.9. y consiste en:

1. Un monitor que muestra tanto el texto como las imágenes
2. Un teclado con un ratón de tres botones
3. Intercom
4. Caja de interruptores con interruptor encendido/apagado y botón de parada de emergencia

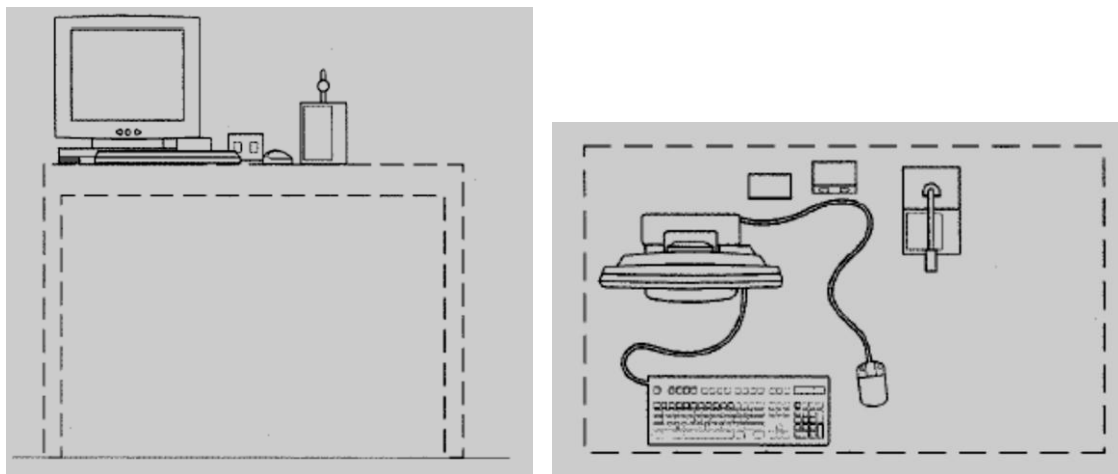


Figura 2.9. Consola de operador; vista frontal y vista superior

2.3.2.1 Teclado

Para la instalación en “MEGAFLOR Neurodiagnóstico y Medicina” el acuerdo es un teclado con el alfabeto inglés.

La parte inferior izquierda del teclado OPART tiene las teclas inglesas. En la fila superior sobre estas teclas están las teclas de funciones, que posiblemente no necesiten utilizar.

A la derecha de los caracteres del teclado están las teclas de flechas para utilizar en lugar de los botones con flecha en algunas de las ventanas del monitor de visualización. A la derecha de las teclas de flecha hay un teclado numérico.

2.3.2.2 Interruptor eléctrico

Podemos describir brevemente el interruptor eléctrico, es un interruptor **I/O** al lado izquierdo de la caja de interruptores, junto al monitor. Pulse el interruptor **I** para conectar la electricidad y el interruptor **O** para desconectar. En el proceso se establecerá la ubicación exacta de acuerdo a la instalación del cuarto de mando.

2.3.2.3 Botón de parada de Emergencia

Podemos decir que un botón de parada de emergencia es el botón rojo con una tapa de plástico transparente situado al lado derecho de la caja de interruptores, cerca del monitor, por lo general. El indicador de emergencia se encuentra por encima del botón rojo. Levante la tapa de plástico y pulse el botón rojo en situación de emergencia.

Este botón desactivará la salida del amplificador de gradiente y del amplificador RF, lo que interrumpirá el proceso de adquisición. El botón de parada de emergencia no afecta al campo magnético, por lo tanto todas las precauciones dentro y alrededor del campo magnético están siempre vigentes y deben ser respetadas. Si su sistema está configurado

con una sola cabina de doble compartimento, la parada de emergencia es un botón amarillo con una etiqueta de STOP.

2.3.2.4 Ratón

El ratón para MRI tiene tres botones para realizar las operaciones en el monitor de visualización junto con el teclado.

Para una persona diestra, el botón izquierdo más distante se utiliza para hacer selecciones en menús desplegables, botones e iconos. El botón derecho se utiliza para hacer selecciones especiales en menús sobre “pop-up”.

2.3.2.5 Funciones de productividad:

El diseño del sistema del control del operador está optimizado para la productividad con un monitor de gran tamaño para múltiples ventanas y visualización simple.

Ahora se enlistan algunas de las características de funcionalidad con las que cuenta el sistema MRT-600EX para un trabajo efectivo en su utilidad diaria:

- 1. Monitor de 23 pulgadas una pantalla de alta resolución.*
- 2. Teclado extendido y el ratón.*
- 3. Opart plataforma RISC proporciona un icono basado en X-ventana de la interfaz de usuario que permite la operación del sistema fácil y rápido. La verdadera multitarea del sistema facilita el registro de pacientes, la*

planificación de exploración, revisión de la imagen y la filmación de la máxima eficiencia y productividad.

- 4. Las capacidades integradas por estaciones de trabajo elimina la necesidad de comprar una consola de visualización por separado.*
- 5. Interfaz de usuario elimina la entrada de teclado de los comandos.*
- 6. Calendario es fácil de utilizar para la programación avanzada del paciente y la herramienta de registro.*
- 7. Memoria -. los protocolos pueden ser preprogramados y acceder con un simple clic del ratón sobre un icono. Un sistema inteligente integrado, el software elimina las conjeturas y lleva a cabo una en tiempo real "what if" de cambio para optimizar los parámetros de la secuencia.*
- 8. Gráfico de planificación computarizada. -gráfica y mensajes fácil de entender para planificar rápidamente los exámenes posteriores y la entrada de última hora.*
- 9. Imagen de selección-visuales "tabla de contenidos" para conseguir una imagen rápida y sencilla de estudios completos.*
- 10. Lotes MIP y la pantalla CINE mientras continúan otras funciones.*
- 11. Amplia algoritmos de posprocesamiento para la mejora de la imagen.*

2.3.3 SALA DE EQUIPAMIENTO

La sala de equipamiento contiene cabinas de control que dan cabida a la unidad de procesamiento central (CPU), controles RF y suministro eléctrico de los gradientes.

El intercambiador de calor puede estar en esta sala o en el techo, dependiendo de la configuración específica del lugar.

Hay un interruptor opcional para desconectar la electricidad en caso de emergencia (EMO) cerca de la consola del operador.

2.3.3.1 Cabina de control

La cabina de control contiene la unidad central de procesamiento (CPU), la unidad de disco del sistema, el interfaz de equipo periférico, el “manager” de tiempo real, la unidad de procesamiento de imagen y el hardware RF. La cabina de control recoge las funciones de procesamiento de datos.

El disco del sistema guarda software y datos de imagen. Tiene capacidad suficiente para manejar un gran número de imágenes y datos brutos, a gran velocidad, desde el disco del sistema a los discos óptico-magnéticos (MODs) para almacenamiento de imágenes.

La cabina de control contiene también el manager de tiempo real, un sistema independiente de ordenador que controla las gradientes. El manager de tiempo real posibilita al sistema la utilización de secuencias de pulso avanzados de adquisición rápida.

Subsistema de Gradiente:

Precisión y fiabilidad se integran en los subsistemas de gradiente de Toshiba. Desarrollado con una rapidez de respuesta de **20 T / m / seg** y **10 mT / m** de intensidad de campo, el suministro de energía del gradiente es capaz de generar impulsos complejos con tiempos de subida rápida ($\leq 0,5$ ms).

Subsistema de RF:

Arquitectura digital de Toshiba ofrece una alta sensibilidad y fiabilidad para un rendimiento de imagen consistente. Opart está diseñado para permitir el uso de ciertos escaneos dos bobinas simultáneamente en el modo de QD para maximizar la cobertura y señal a ruido.



Figura 2.10. Cabina de control

Unidad de archivo de imagen

La unidad de archivo de imagen, que es una unidad de disco óptico, proporciona almacenamiento a largo plazo de aproximadamente 14,000 (256 x 256) imágenes y de datos brutos en un cartucho borrable de gran capacidad 5 1/4" DOM.

2.3.3.2 Suministro eléctrico de los gradientes

El suministro eléctrico de los gradientes proporciona corriente a todas las bobinas de gradientes y está controlado por el manager de tiempo real. Esto posibilita la aplicación de corriente conmutable de alta velocidad hacia las bobinas gradientes para la formación de pulsos.

2.3.3.3 Transformador

El transformador se utiliza para distribuir y filtrar corriente al sistema.

2.3.4 MESA DEL PACIENTE

La mesa del paciente se diseñó para proporcionar máxima comodidad al paciente y permitir colocarla en la abertura del imán con máxima precisión, consta de una mesa de soporte y una tabla móvil. La tabla móvil va encima de la mesa y se mueve manualmente tanto lateralmente como dentro y fuera del imán.

La mesa de paciente consiste en:

- la mesa estacionaria
- la tabla móvil.

El diseño de la cama del paciente facilita la exploración de pacientes con claustrofobia y de gran tamaño, así como realizar exploraciones fuera del centro.

Características:

- ✓ Se adapta a los pacientes de hasta 500 libras.
- ✓ Ergonómicamente diseñado para maximizar la comodidad del paciente y dar cabida a una población diversa de pacientes, el sofá cuenta con mesa de movimiento lateral para simplificar el posicionamiento del paciente al iso-centro del imán.
- ✓ Movimiento horizontal ± 10 cm a la izquierda y la derecha desde el centro del imán.
- ✓ La altura de la cama del paciente es de 650 mm.

El peso máximo de paciente permitido y la carga máxima para colocación precisa en la mesa del paciente es de 500 libras (227 kg). El software enviará un mensaje de error si el peso que se introduce en el registro de pacientes es más de este peso.

2.3.4.1 Caja de conexión de bobinas

La caja de conexión de bobinas está situada en cualquiera de los dos lados de la tabla dependiendo de la configuración de su sistema al instalarlo.

Hay dos conexiones de cables, un botón de emergencia y un interruptor de luz ambiental para encender la luz dentro del imán.

Botón de parada de emergencia en la caja de conexión de bobinas

El botón de parada de emergencia en la caja de conexión de bobinas en la mesa de paciente en cualquier momento que haya riesgo de lesiones al paciente causadas por electricidad.

Este corta la corriente al ordenador y al sistema, pero no apaga el imán.

2.3.4.2 Sistema de posicionamiento de la tabla

El sistema de posicionamiento de la tabla es muy importante para la realización del estudio por RM ya que según la posición establecida obtendremos la MRI, y esto consiste en unas asas para mover la tabla, escalas de posiciones y tres frenos situados encima de la tabla:

1. Freno de carga de paciente
2. Freno de posicionamiento de la tabla
3. Freno de desplazamiento

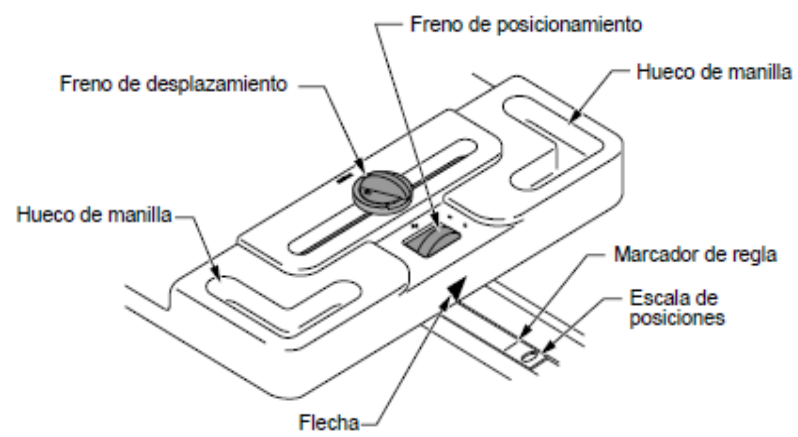


Figura 2.10. Frenos de la Mesa

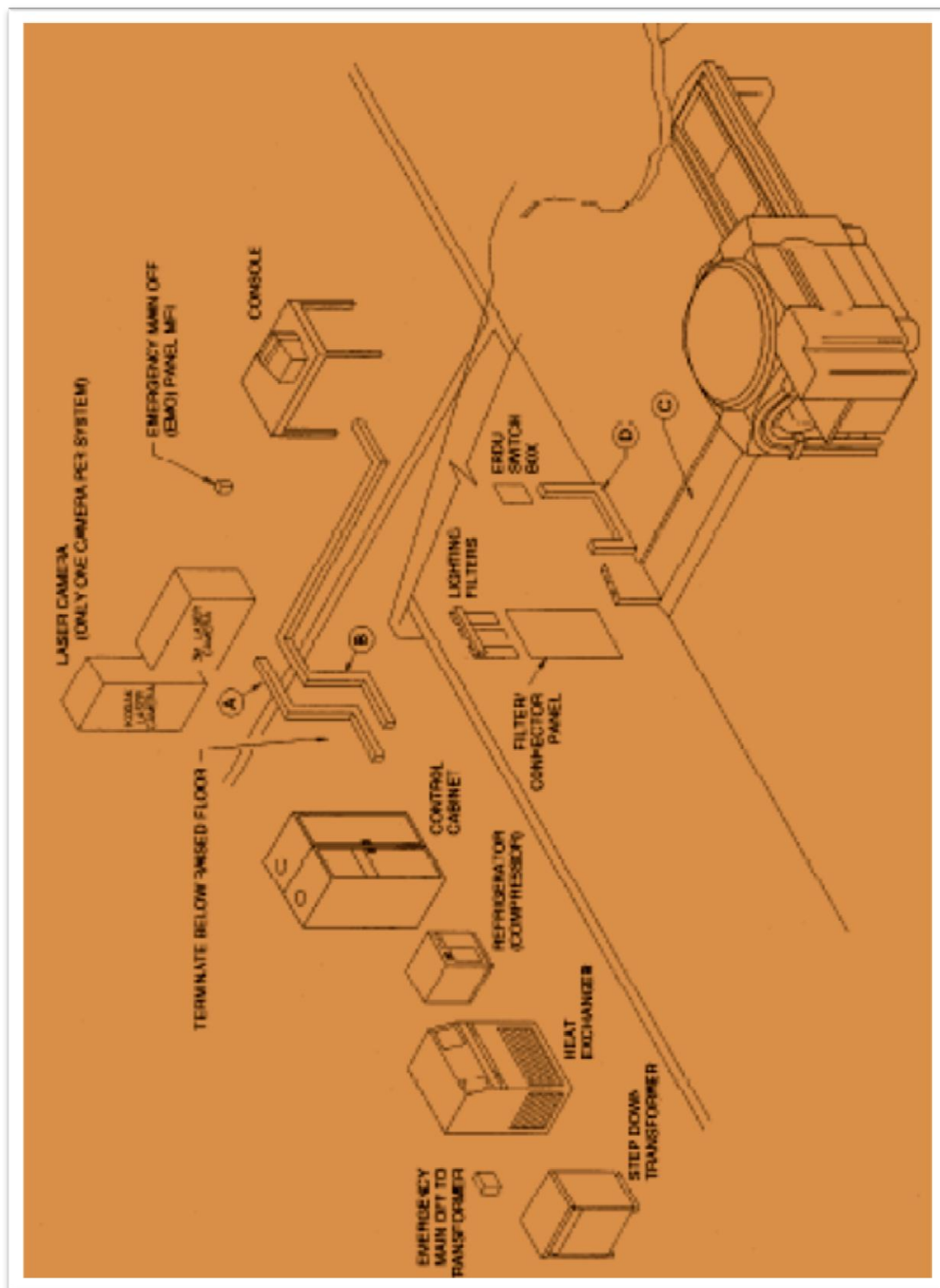


Figura 2.11. Esquema modelo del sistema MRT-600EX

CAPITULO III

3 PROCESO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA MRI MODELO TOSHIBA MRT-600EX DE “MEGAFLOR NEURODIAGNOSTICO Y MEDICINA”

3.1 *PLANIFICACIÓN*

Durante el proceso de instalación del sistema Toshiba MRT-600EX se proporcionó la mejor guía a seguir para que la instalación cumpla con los requerimientos necesarios para un centro de Imagen por Resonancia Magnética de alta calidad, por lo que se siguen los siguientes lineamientos:

- Los planos de cada propuesta para el lugar de instalación fueron entregados a los Coordinadores de Planificación de Dergi S.A.

- Los planos incluyen el plano físico del suelo, plano de distribución de los ambientes necesarios y un plan estructural.
- El peatón, paciente, técnico y el flujo de tráfico vehicular también fueron tomados muy en cuenta para la elaboración de los planos.
- Basándose en esta información, se prepararon los planos preliminares del sitio y la distribución del equipo Toshiba MRT-600EX.
- El cliente selecciona la configuración del sitio real basado en estos planes.
- Después de seleccionar la configuración del sitio elegido por MEGFLOR Neurodiagnóstico y Medicina se procedió con la elaboración de un plano maestro con el diseño de las adecuaciones del sitio
- La distribución de los distintos elementos del sistema se basa en la ubicación del Gantry Magnético.
- Los planos de construcción final, fueron preparados por el contratista en base a las características del equipo de imagen, planos eléctricos, esquemas y de la planificación del sitio elegido.

Las aprobación dadas por Toshiba para cada componente se encuentran en el Apéndice

B

3.1.1 Estudio de Distorsión

El estudio de distorsión se realiza para establecer la ubicación de los componentes del equipo, de modo que cuando esté en funcionamiento no haya objetos que puedan distorsionar los datos para la formación de la imagen en un determinado examen.

El campo magnético puede ser distorsionado cuando grandes cantidades de materiales ferromagnéticos estén presentes en la cercanía del límite del campo magnético establecido para el sistema Toshiba MRT-600EX.

Como sabemos los materiales ferromagnéticos como el hormigón, barras de refuerzo y las vigas y columnas de acero son comúnmente utilizados como materiales de construcción, con esos tenemos las características de la edificación para el sistema MRT es una construcción de un piso hecha de hormigón con un techo de vigas de acero y cubierta de eurolit.

Cuanto mayor sea la distancia entre estos materiales y el imán, la distorsión causada por estos materiales ferromagnéticos será menor, por lo cual la ubicación del imán debe cumplir con las distancias mínimas establecidas (véase Fig. 4.1) para un Campo Magnético de 0.5mT (5 gauss).

La homogeneidad del campo tiene gran importancia debido a que la calidad de las imágenes obtenidas por el sistema está directamente relacionada con el mantenimiento de un campo magnético homogéneo en el centro del imán. Por lo cual se fija el magneto en la posición más adecuada de acuerdo a la edificación establecida, tomando en cuenta las distancias que debe tener el CAMPO MAGNETICO con cualquier material ferroso a

su alrededor, *esto es una medida de seguridad no para que se omita todo material, sino para que se mantenga las distancias adecuadas.*

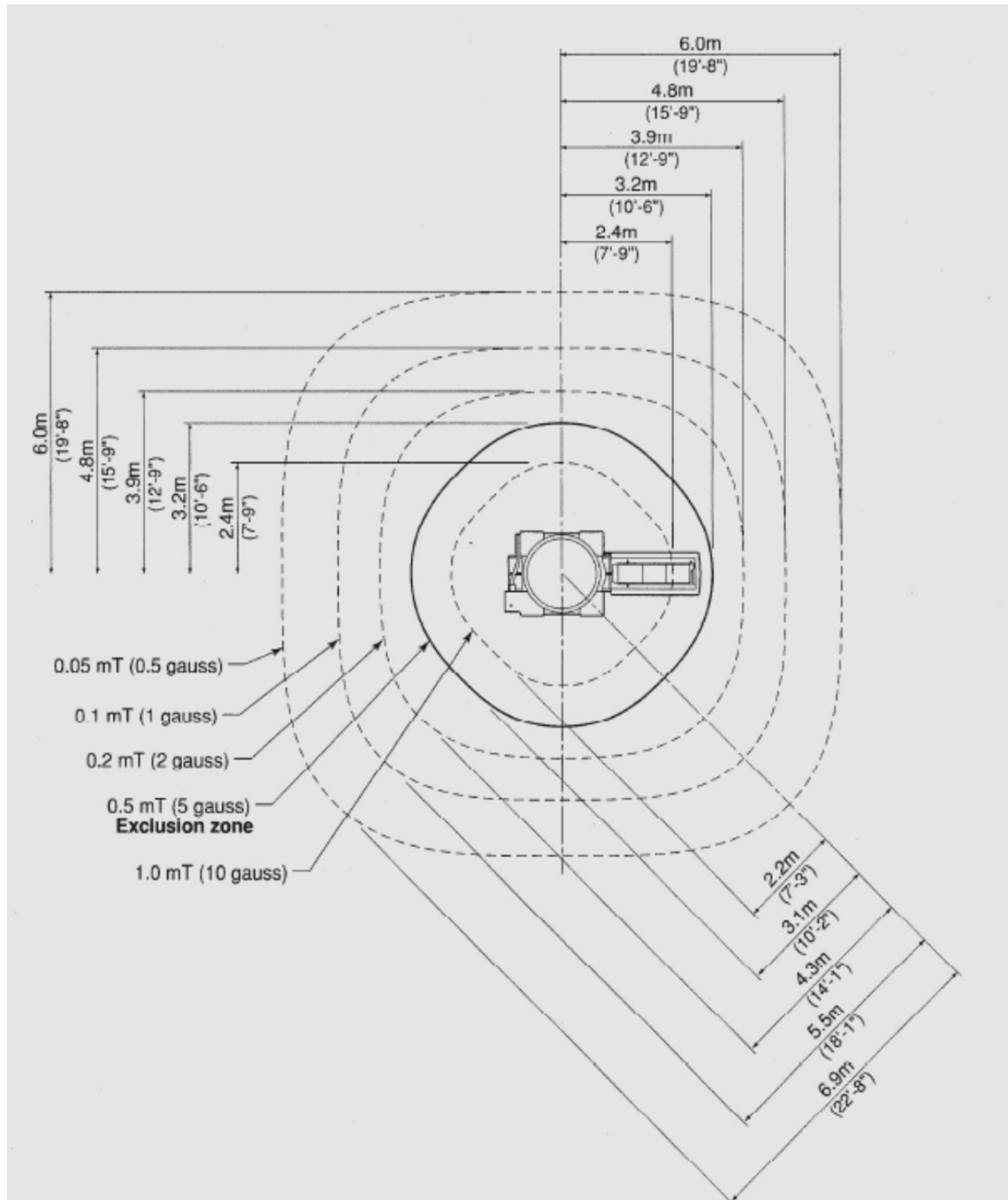


Figura 3.1 Distancias mínimas para evitar distorsiones en el campo magnético

Después de que el imán se ha colocado en el lugar adecuado para el mismo y con el piso lo suficientemente reforzado se quedara en esa ubicación permanentemente por lo que ningún material ferroso nuevo puede ser llevado cerca del imán dado que esto puede alterar la homogeneidad del campo magnético estático.

También las distorsiones causadas por grandes objetos ferromagnéticos en movimiento tales como automóviles, camiones, elevadores fueron tomados en cuenta; no se puede colocar el imán a menos que estos objetos permanecerán fuera del campo del imán de 0,5mT (5 gauss), esta condición se cumple ya que la ubicación del imán, es en la esquina de la construcción alejado de la calle y no se cuenta con elevadores, de acuerdo con la medidas de el *Apéndice C*

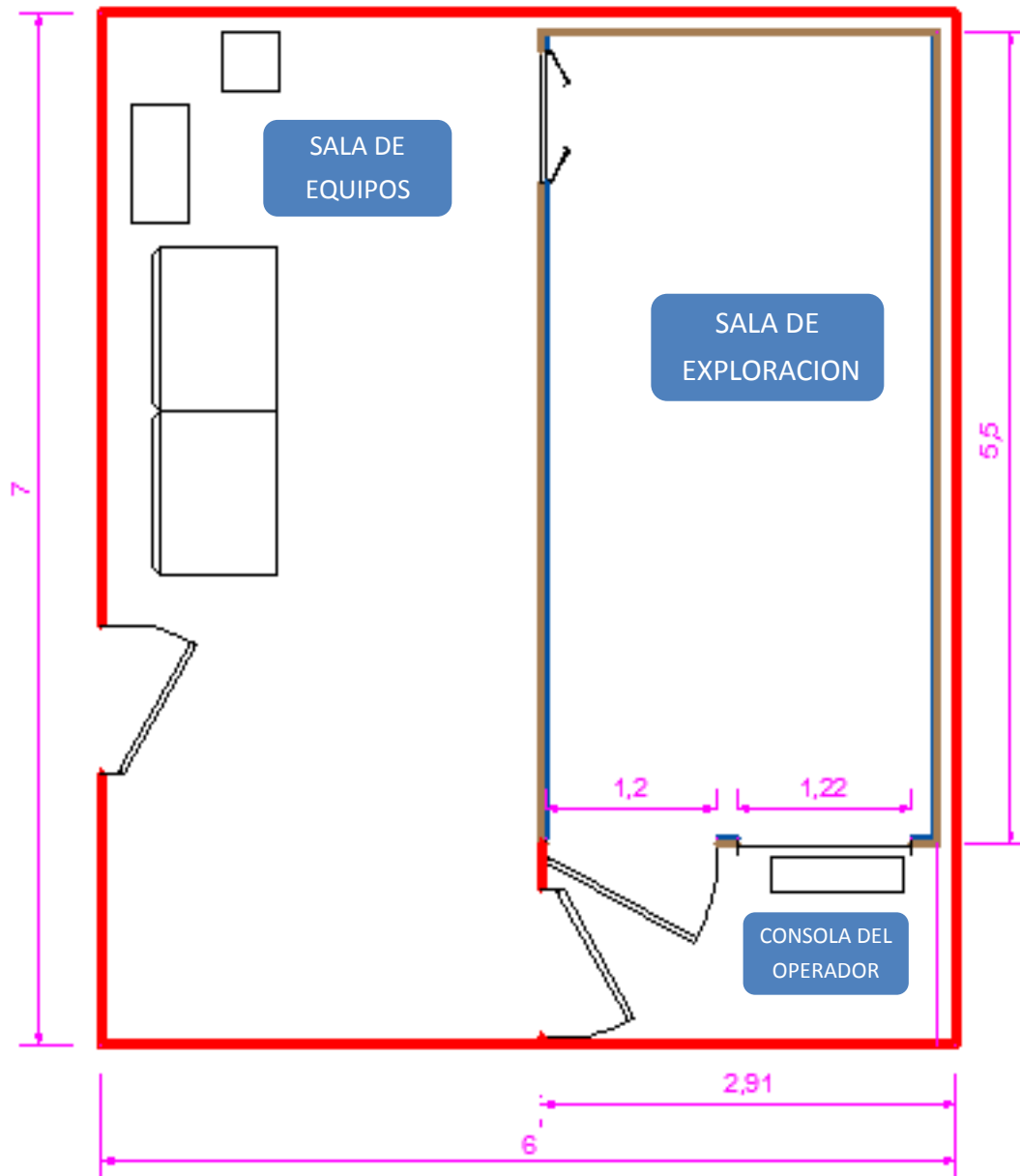
3.1.2 ESPACIO FISICO

Para la elección del lugar se proporcionaron especificaciones y directrices para la instalación y configuración del sistema Toshiba MRT-600EX en el que se tomó en cuenta el protocolo de Toshiba y la experiencia de la empresa Dergi S.A. de Guayaquil que instala el equipo.

Las instalaciones de MEGAFLOOR Neurodiagnóstico y Medicina se encuentran en una construcción sencilla de un piso, en la que se realizaron modificaciones en el techo y las divisiones para garantizar la homogeneidad del campo del imán, ya que muy importante establecer la ubicación de los componentes se determinó la ubicación de cada área del sistema Toshiba MRT-600EX, las mismas que son:

1. Sala de exploración
2. Sala de equipos
3. Consola del operador

Plano de instalación de las 3 áreas MRT



Definición de colores

Rojo: pared de hormigón

Café: madera

Azul: acero galvanizado

Rosado: líneas de medidas

Estas tres áreas son diseñadas especialmente de acuerdo al equipo y a los acuerdos que llegaron entre el director de MEGAFLOR y Dergi S.A. para que sea un ambiente adecuado para la realización de los exámenes de Resonancia Magnética Nuclear y que cumpla con las especificaciones y requerimientos necesarios en Radiodiagnóstico.

Toda la documentación grafica del proceso de instalación de cada componente del sistema MRT se encuentra en el Apéndice D.

3.2 SALA DE EXPLORACIÓN

Ya determinadas las ubicaciones que tienen cada área se realizaron divisiones para oficinas en la construcción y un área general para el equipo Toshiba MRT-600EX en el que después del ingreso del imán se realizó la separación necesaria entre las tres áreas. Además se han realizado modificación en la construcción de acuerdo a la necesidad durante el proceso de instalación del modelo Toshiba MRT-600EX, y para adecuar todo para garantizar un buen servicio de Neurodiagnóstico y Medicina.

3.2.1 Ingreso del imán

Se proporcionó una entrada lo suficiente amplia con una puerta principal de 4m de ancho para un acceso adecuado del imán hasta el patio de la construcción y una puerta lateral de ingreso hacia la sala de exploración en donde se designó la ubicación exacta y permanente del imán

La separación mínima en el interior de la instalación para el ingreso del imán es de 1,8 m de ancho x 2,0 m de alto para lo cual se diseñó la puerta de ingreso temporal hasta que se instaló el imán.

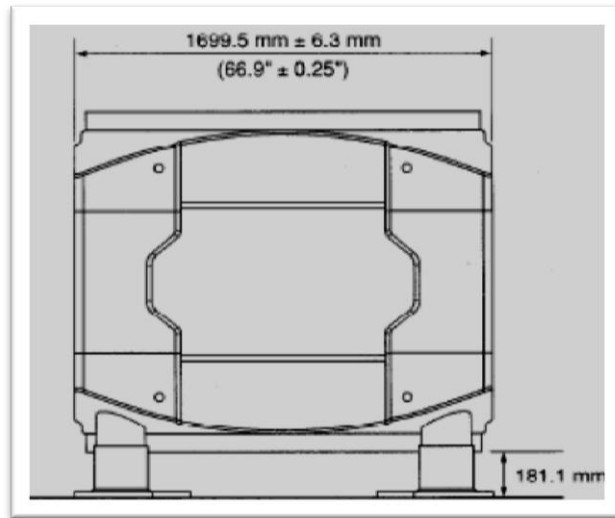


Figura 3.2 Vista frontal del imán con sus respectivas dimensiones

El ingreso del imán se realizó directamente al desembarcarlo debido a que la construcción cuenta con una puerta principal lo suficientemente amplia, y ya se designó la ubicación específica.

La parte principal del edificio es la ubicación adecuada del Gantry Magnético para lo cual se tomaron en cuenta ciertas características:

- **Posición**

La mejor posición para el gantry magnético es en la parte posterior de la construcción en la que está alejado de la calle y sus lados limitan: el posterior y lateral derecho con

viviendas familiares, el frente con la cabina de control y el lateral izquierdo con la sala de equipos, las mismas que se designan según la configuración del sitio

- **Piso de carga**

Diseño de tal forma que es capaz de soportar 12.340 kg para el imán, incluyendo las cubiertas y la bobina de gradiente para el sistema estándar.

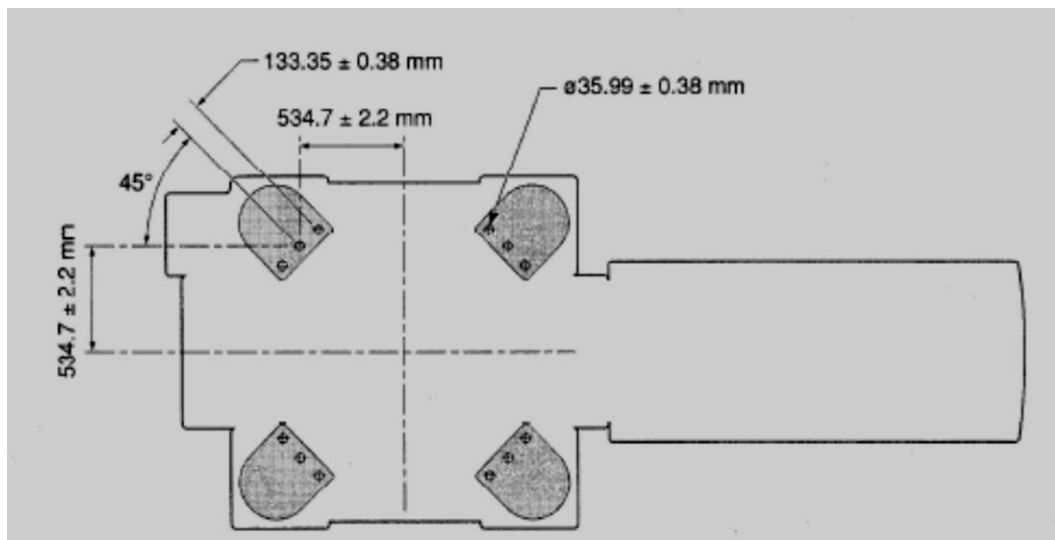


Figura 3.3 Diseño del piso de carga con relativas dimensiones

En el lugar designado para la sala de exploración se construyó un cuarto de madera en su totalidad dejando una pequeña distancia de la pared de la construcción principal con una lugar para la ventana y puerta de acceso a la sala, este cuarto de madera es la base para la Jaula de Faraday necesaria para aislar el sistema MRI de interferencias electromagnéticas.

3.2.2 Construcción de la Jaula de Faraday

Para conseguir los mejores resultados en MRI es necesario un ambiente sin interferencias electromagnéticas. La jaula de Faraday garantiza unos valores de blindaje extraordinarios. Con ello se consigue la base para obtener la más elevada calidad de diagnóstico a largo plazo y una confiabilidad de funcionamiento completa que se brindará en MEGAFLOR Neurodiagnóstico y Medicina.

La jaula de Faraday es una parte fundamental e imprescindible del equipo de resonancia magnética.

La jaula se construyó específicamente para el equipo de resonancia Toshiba MRT-600EX con ciertas consideraciones de acuerdo a la experiencia anterior dada por Dergi S.A. para formar el Recinto de RF necesario para el buen funcionamiento del Equipo de MRI con los siguientes materiales:

- Paneles de acero galvanizado
- Tornillo de acero
- Cinta de cobre

Se instaló el recinto blindado de paneles de acero galvanizado con tornillos de acero y posterior colocación de material magnéticamente tratado como es la cinta de cobre para sellar algún espacio, cada panel asegura la máxima permeabilidad magnética, la puerta blindada de RF y una ventana de malla laminada también. En conjunto, estos elementos van a formar un escudo RF continuo alrededor, arriba y abajo del escáner de resonancia magnética.

El Recinto de RF es una cobertura que rodea al resonador e impide que entren o salgan ondas electromagnéticas. De esta manera, la jaula evita que las señales electromagnéticas del medio ambiente distorsionen la débil señal de resonancia magnética.

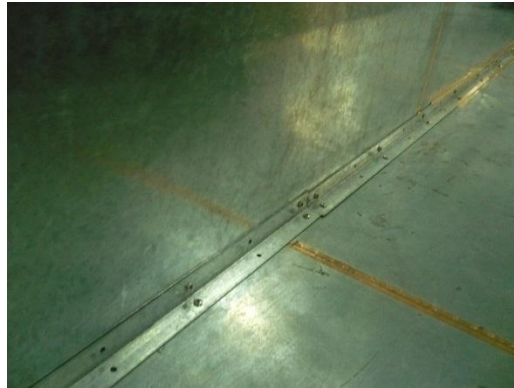


Figura 3.4. Fabricación de la Jaula de Faraday

3.2.3 Instalación del Gantry Magnético

Previamente se realizó el estudio del campo magnético para una sala de RM de acuerdo a la capacidad del imán 0.35T para realizar el diseño adecuado.

La sala de exploración consiste típicamente en las paredes de una habitación normal que es una parte de la construcción y una habitación interior.

El espacio interno es un recinto de RF integrado dentro de la habitación matriz, que se diseñó de acuerdo a las medidas necesarias para la sala de exploración y no tiene acabado exterior pero si un acabado interior de tal manera que atenué la señal de radiofrecuencia

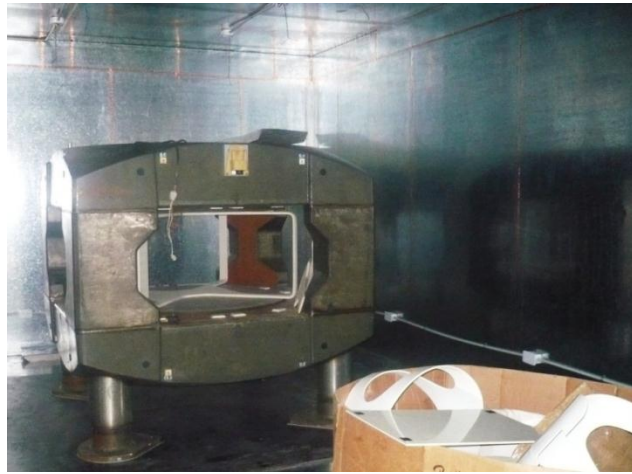


Figura 3. 5 Gantry magnético en la sala de exploración

- La sala de exploración está completamente blindada (los 4 lados) con el fin de atenuar la transmisión de las emisiones de radiofrecuencia tanto dentro y fuera de la sala de exploración.
- El Gantry Magnético (imán) se queda en la ubicación establecida anteriormente según el estudio realizado
- Se puso en funcionamiento la unidad de refrigeración del resonador hasta estabilizar la temperatura en el magneto durante varios días
- Se realizó el vacío del magneto debido a que estaba “sudando” por la presencia de humedad que se condensa durante la puesta en funcionamiento, con una bomba de vacío.

Tabla 3.1 Dimensiones de Gantry y mesa

Equipos	Medidas (WxLxH)	Peso
Gantry de 0.35T con cubiertas y bobinas	1.77m x 2.12m x 1.68	12,340kg
Mesa de paciente (manual)	0.91m x 4.33m x 0.65m	250kg

3.2.4 Unidad de refrigeración

El gantry de IRM, para su funcionamiento debe contar con una unidad de refrigeración capaz de mantener el sistema a una temperatura constante la misma que es la unidad Leybold de helio con su compresor.

La misma que se ubicó en la parte posterior del gantry en una esquina superior para conectarla a la parte del imán y empezar el proceso de estabilización de temperatura

Conexión del sistema de la cabeza fría

- Se coloca el compresor en su ubicación final. Hay que asegurarse de que el compresor este apagado.
- Se bloquean las ruedas en el compresor.

3.2.5 Aire acondicionado

Para el sistema de IRM, la sala de exploración debe mantenerse dentro de la siguiente temperatura y humedad:

- **Temperatura:** 16 "a 24 ° C (61" a 75 ° F)
- **Humedad:** 40% a 60% (sin condensación)

La calidad de la imagen se ve directamente afectada por grandes cambios en la temperatura ambiente.

Por lo tanto, el cumplimiento de las especificaciones anteriores es muy importante.



Figura 3.6 Gantry con cubiertas

3.2.6 Panel Filtro/Conector de energía

Todo el cableado y el cableado de la sala de exploración debe pasar por el panel filtro/conector o por separado los filtros de RF, con el fin de mantener la integridad del blindaje de RF. Una vez que el conductor ha entrado en la sala de exploración través de un filtro, no puede salir de la habitación.

No hay conexiones de conductores dentro de la sala de exploración, que no sean los cables del sistema de interconexión, de este modo no se afectará el sistema de blindaje.

Los filtros de RF (de acero y no ferrosos) están instalados en el recinto RF, el cuerpo del filtro de RF es instalado en el exterior del recinto RF. Es obligatorio que se realice el sellado RF alrededor del filtro con gasa junta (lana de cobre) en contacto directo con el cuerpo del filtro y la pared de RF en modo que rodee totalmente el sector de penetración.

Descripción de las penetraciones

- Esta apertura se encuentra en la pared de RF en la sala de equipos y con medidas de 0.889m de ancho por 1.448m de alto donde se ubica el panel de filtros y conectores, de acuerdo al diseño establecido anteriormente.
- Aquí se realizan todas las conexiones entre el imán y los sistemas de la sala de equipos de donde se suministra energía y agua hacia el imán.
- Se instalaron tuberías para mantener frío el imán debido a que durante el funcionamiento el mismo eleva su temperatura rápidamente.
- La cabina de gradientes para el funcionamiento y programación en los exámenes se conecta al imán a través de este filtro.

- Refrigeración del imán

Las dos líneas de agua (suministro y retorno) para la refrigeración de las bobinas de gradiente en el imán pórtico de RF penetran en la pared en la sala de equipos a través del filtro/conector del panel.

3.2.7 Puerta de RF

Es específica para MRI y cuenta con las características de blindaje para unirse a la Jaula de Faraday y las uniones se sellan con cinta de cobre. La ubicación mas adecuada es para que tenga acceso desde la consola del operador, la puerta de RF es de 1,2 m de ancho x 2.1m alto. Suministrado por Dergi S.A.

3.2.8 Ventana de RF

Ubicación de RF ventana óptimo está en el extremo de la sala de exploración con una vista en el centro de el gantry magnético. La ventana esta a una altura de 90cm por encima del piso de la sala de exploración, para poder visualizar directamente al paciente en el gantry durante la exploración. El tamaño estándar de la ventana de RF es de 1.219 m de ancho x 0.914 m de alto que se une a las láminas de acero y se sella con cinta de cobre.

3.3 SALA DE EQUIPOS

La sala de equipos es donde la mayoría de los equipos de soporte electrónico para la imagen del sistema Toshiba MRT-600EX se encuentran ubicados.

Consulte el Apéndice C para las dimensiones, peso y potencia calorífica de los equipos electrónicos.

La sala de equipos está a un costado de la sala de exploración ya que se conecta a través del Panel filtro/conector de ese lado del recinto de RF con el gantry magnético.

El recinto de RF se diseñó de tal forma que Panel filtro/conector se encuentra en la una esquina por donde están todas las entradas y salidas para las conexiones de energía y agua hacia la sala de exploración desde la sala de equipos.

Para instalar los componentes en la sala de equipos tenemos el siguiente diagrama donde se indica la ubicación de cada uno de ellos de acuerdo con la enumeración dada a continuación

- 1. Suministro de gradientes***
- 2. Cabina de control***
- 3. Refrigeración(compresor)***
- 4. Panel Filtro/conector***
- 5. VRDU***
- 6. Intercambiador de calor***
- 7. Tubería de agua***

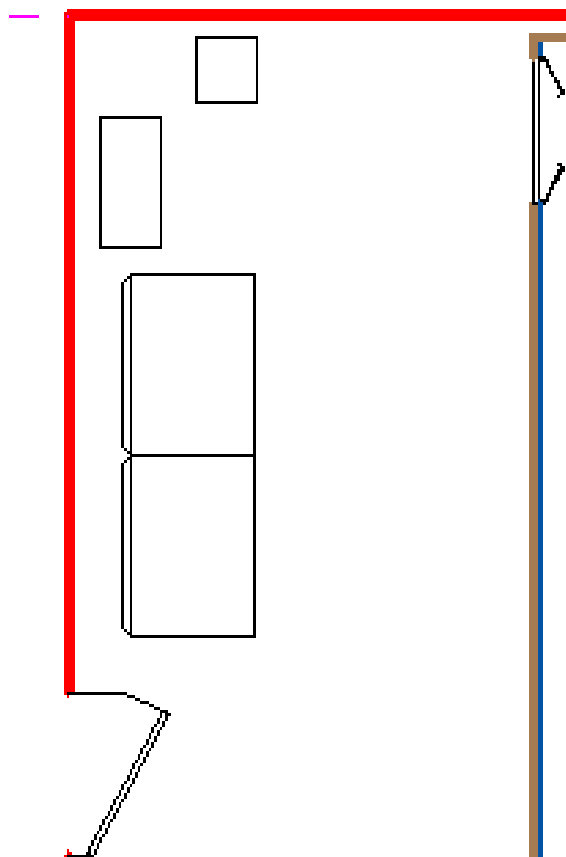


Figura 3.7. Diagrama de la ubicación de los componentes de la sala de equipos

Todos los componentes cumplen con las características dadas en el capítulo II y se conectan al suministro eléctrico con la potencia adecuada para enlazarse a través de Panel filtro/conector con el Gantry Magnético y controlarlo.

De acuerdo con las necesidades de las características de la edificación se cuenta con una área espaciosa para la sala de equipos en la que se tiene acceso desde el patio lateral y desde la Consola del operador.

Tabla 3.2 Especificaciones de los componentes de la sala de equipos

Equipos	Medidas (WxLxH)	Peso
Suministro de gradientes	0.79m x 0.65m x 1.90m	690kg
Cabina de control	1.12m x 0.89m x 1.72m	374kg
Refrigeración(compresor)	0.51m x 0.55m x 0.71m	100kg
Panel Filtro/conector	N/A	N/A
VRDU	0.86m x 0.83m x 1.80m	890kg
Intercambiador de calor	0.63m x 0.73m x 1.50m	890kg

Véase el apéndice A para revisar las figuras con las medidas

3.3.1 Descripción

➤ Toma a tierra

El sistema de imágenes Opart tiene un sistema de puesta a tierra concentrado en un solo punto, con todos los demás sistemas de potencia, el panel de distribución principal de la RM posee su propio cable de tierra que vuelve a la barra de tierra en el panel de resonancia magnética.

➤ Colocación de los equipos

El equipo debe mantenerse fuera del campo magnético de 0.5 mT (5 gauss) generado por el gantry a fin de evitar cualquier interferencia con su memoria

magnética o activa. La vía de salida de la computadora esta fuera de la 1.0 mT (10 Gauss), para evitar que cualquier soporte magnético pueda ser dañado o borrado por la exposición al campo magnético.

- **Intercambiador de calor**

Se utilizó un intercambiador de calor externo con el sistema Opart ya que las condiciones de ubicación lo permitieron, el intercambiador de calor externo, se encuentra fuera del área de la sala de equipos, ya que libera espacio y reduce la interferencia electromagnética.

- **Panel filtro/conector**

Filtros de alimentación a un total de tres filtros de potencia se encuentra en la sala de equipo al lado del filtro /conector panel. Dos de estos filtros son de 30 amperios de CA (corriente alterna) o CC (corriente continua) para filtros y la exploración sala de iluminación con el tercer filtro es de 30 amperios de CA de filtro para una potencia de salida en los filtros.

La documentación grafica del proceso de instalación del sistema Toshiba MRT-600EX consta en el Apéndice D

3.4 *Encendido del gantry magnético.*

El sistema Toshiba MRT-600EX cuenta con cubiertas plásticas que cubren totalmente el imán, el fin de estas cubiertas es que el sistema muestre un aspecto agradable al paciente.

Al colocar las cubiertas se debe tomar en cuenta el cable de RF que sale de una esquina del imán para las conexiones que se necesitan al realizar los exámenes.

Una vez realizadas todas las conexiones entre la sala de exploración y la sala de equipos a través de los filtros, se procedió a encender el gantry para probar el buen funcionamiento y respuesta del imán.

Se realizó la estabilización de temperatura en el imán hasta que llegue a la temperatura adecuada para su funcionamiento mediante la unidad de enfriamiento, el imán se enfría interiormente con una carga de helio líquido que permanece estable y solo se realiza el intercambio de agua, que se pone en marcha cuando se prende el imán.

Procedimiento seguido

- Encender el Gantry
- Medir la temperatura inicial
- Abrir la llave de paso de tubería de agua
- Poner en funcionamiento el intercambiador de agua
- Tomar la temperatura en promedio de tiempo de 3 a 4 horas
- Llegar a la estabilización de temperatura de 16°C

3.5 *Mesa del paciente*

La instalación de la mesa se realizó con dos bases de madera que se aseguran al piso con tornillos del material de la jaula de RF, el diseño de estas base se dan de acuerdo con las medidas de la tabla del equipo Toshiba MRT-600EX, en la parte posterior una base pequeña y al frente la base más larga; las mismas que deben coincidir con la altura de las cubiertas de la base del imán.

La base más importante es la de adelante, en la que se coloca la parte que forma la mesa, para montar la tabla adecuadamente y tomando en cuenta:

- La caja de conexión de bobinas que está situada en el lado derecho de la tabla.
Hay dos conexiones de cables, un botón de emergencia y un interruptor de luz ambiental para encender la luz dentro del imán.

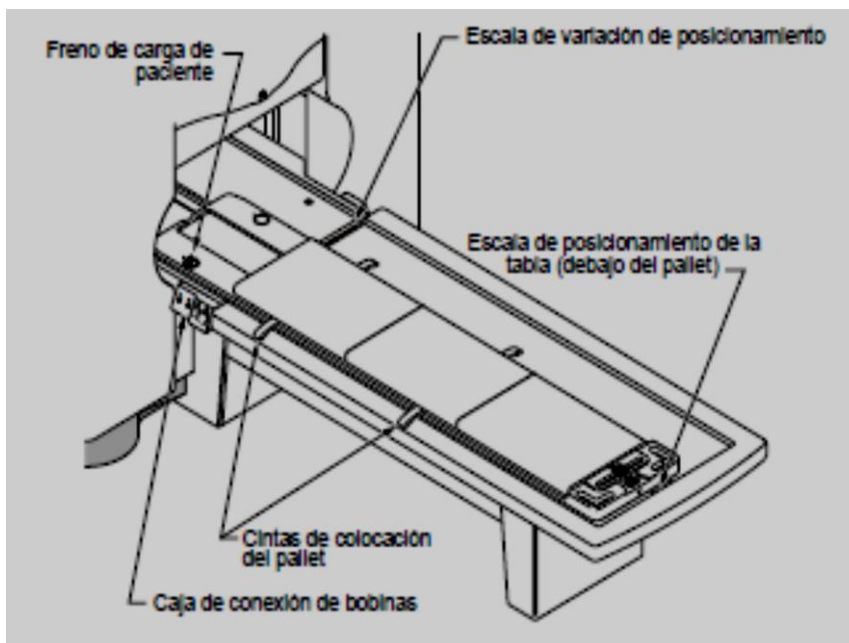


Figura 3.8. Esquema detallado de la Mesa de Paciente

Las guías OPART reducen el movimiento de un lado a otro de la tabla cuando se introduce y se retira la mesa del imán. También proporcionan soporte a los brazos del paciente durante la exploración. La mesa se puso a nivel utilizando un nivelador de mercurio y se comprobó que se encuentre centrada en el imán.



Figura 3.9. Gantry y Mesa de paciente instalados

3.6 *CONSOLA DEL OPERADOR*

Estos componentes son suministrados por Toshiba, pero la mesa o mostrador tiene que ser adquirida por el usuario de acuerdo a su necesidad o conveniencias. El monitor tiene capacidad para gráficos de alta resolución y alta velocidad

La consola del operador se realiza unas conexiones simples para el monitor y la caja de interruptores con lo que enlaza a la cabina de control.



Figura 3.10. Consola del operador armada

El sistema de control de operador que se muestra en Figura 3.9. consiste en:

1. Un monitor
2. Un teclado
3. Ratón de tres botones
4. Alfombrilla para ratón
5. Caja de interruptores

CAPITULO IV

4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD Y SEGURIDADES PARA EL EQUIPO MRT-600EX

Basándose en la información y los datos recopilados en los capítulos anteriores durante el proceso de instalación del sistema MRT se redacta un protocolo para establecer normas y directivas que definan un sistema de Control de Calidad (CC) adecuado para la instalación y buen funcionamiento de un equipo para diagnóstico por RM y en lo específico para el Equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo Toshiba MRT-600EX

Para poder elaborar el presente sistema de control de calidad se realizó un análisis de cuáles son los parámetros tomados en cuenta en la mayoría de equipos médicos de RM para un buen funcionamiento y cuáles de ellos son aplicables a este equipo.

Además de establecer normas para un buen rendimiento en el proceso de MRI, hay que tomar en cuenta todos los aspectos concernientes a las precauciones, cuidados y normas de seguridad aplicables tanto por los pacientes como por el personal de trabajo y demás individuos que van a estar trabajando continuamente con un imán de 3.5T.

4.1 *ANTECEDENTES*

Hay que tener en cuenta que la instalación necesita contar con políticas y procedimientos documentados, para el seguimiento y la evaluación de la eficacia de gestión, seguridad y buen funcionamiento de los equipos de resonancia magnética.

- El rendimiento de Equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo Toshiba MRT-600EX debe ser vigilado por un físico médico calificado o un profesional de MR.
- Los procesos de control de calidad que se mantienen en el sitio de MRI deben estar documentados en un registro.
- Las pruebas de CC deben ser realizadas por personas debidamente capacitadas con revisión al menos cada año por el médico supervisor y el Físico Médico, con esto se asegura el buen funcionamiento de las instalaciones.
- Durante el proceso del CC las complicaciones y efectos adversos o actividades que pueden tener el potencial de dañar las imágenes médicas deben ser controlados, analizados e informados según sea necesario para así brindar un servicio adecuado.

Debido al enorme crecimiento de la resonancia magnética y la necesidad de aseguramiento de la calidad en esta área en constante cambio de imagen médica, es necesario estar al día con las nuevas normas que se van creando, el Colegio Americano de Radiología (ACR) es un instituto muy reconocido que brinda mucha información en lo que respecta a calidad en toda área de la Física Medica.

4.1.1 American College of Radiology (ACR)

Los 34.000 miembros del American College of Radiology (ACR) incluyen radiólogos, oncólogos, físicos médicos, radiólogos intervencionistas y médicos de medicina nuclear.

Durante más de tres cuartos de siglo, ha dedicado sus recursos a realizar estudios para obtener imágenes médicas que se den de forma segura, eficaz y accesible para aquellos que lo necesitan.

La misión del ACR.- Es servir a los pacientes y a la sociedad por la maximización del valor de la radiología, oncología radioterápica, radiología intervencionista, medicina nuclear y física médica por el avance de la ciencia de la radiología, la mejora de la calidad de la atención al paciente, influyendo positivamente en los aspectos socio-económicos de la práctica de la radiología, se imparte formación continua para radiología y profesiones relacionadas con la salud y la realización de investigaciones para el futuro de la radiología.

El ACR tiene una larga historia de proporcionar acreditación de diagnóstico por imágenes y oncología de radiación que se remonta hasta 1963. En 1994, el ACR se convirtió en el único organismo de acreditación para la acreditación de mamografía aprobado por los EE.UU. Food and Drug Administration (FDA).

4.1.2 SOFTWARE QA

El proceso mínimo que se debe tener en cuenta es comprobar la calidad y frecuencia central antes de utilizar el sistema. Mediante el manejo del software de OPART del

sistema se realiza el control de calidad para saber los parámetros que indica el equipo para la realización y programación de exámenes.

El operador debe realizar controles de comprobación de calidad diariamente utilizando el fantoma de prueba. Medir la relación señal/ruido y anotarla en la Hoja de trabajo de comprobación QA diaria.

El procedimiento viene dado paso a paso por Toshiba y se encuentra en el manual del operador

Fantoma de prueba

El fantoma consiste en una caja de plexiglás llena de aceite de bebé que emite señales muy fuertes de MRI. Almacene el fantoma en la sala de exploración.

La especificación del fantoma de prueba, la visualización de la imagen, y el proceso mediante el cual se toman las medidas, están definidos adecuadamente por Toshiba.

Tabla 4.1. Características del aceite de bebe

Nombre sistemático	propano-1,2-diol
Otros nombres	propileno glicol, aditivo alimentario E-1520
Fórmula química	C ₃ H ₈ O ₂
Masa molecular	76,09 g/mol
Densidad	1,036 g/cm ³
Punto de fusión	-59 °C
Punto de ebullición	188,2 °C
Conductividad térmica	0,34 W/m-K (50% H ₂ O @ 90 °C)

4.2 *INTRODUCCIÓN*

El uso de la técnica de RM se ha más que duplicado durante la última década, debido a las diferencias entre equipos y parámetros de análisis es muy complicado establecer si existe una variación en la calidad de las imágenes producidas en diferentes centros.

Dentro del centro médico, es importante asegurarse de que todas las imágenes médicas producidas sean consistentes y de calidad suficiente para garantizar un alto estándar de calidad en el diagnóstico.

Un cambio en la sensibilidad del sistema o un componente en mal funcionamiento, puede causar una pérdida de detalle de la imagen que puede afectar a la región de interés en el diagnóstico. Estos efectos pueden ser sutiles pero pueden resultar en la pérdida de confianza en el diagnóstico o más peligroso aún en un diagnóstico equivocado. Se puede argumentar que un observador experto será capaz de detectar cualquier disminución en la calidad de la imagen pero es claro que se debe propender a un análisis cuantitativo en vez de cualitativo.

El aseguramiento de la calidad (QA) es un proceso para garantizar que cualquier producto o servicio cumpla con un estándar requerido. Esto es particularmente importante para los equipos de diagnóstico por imagen, ya que puede no ser inmediatamente obvio que se haya producido algún cambio en el rendimiento del equipo.

El programa de control de calidad de un escáner de resonancia magnética debe ser capaz de detectar cambios en el rendimiento del sistema, permitiendo que se

identifiquen y rectifiquen las faltas el equipo, antes de que sean clínicamente significativas cuando se realice MRI.

4.2.1 Propósito

El propósito de este capítulo sólo puede lograrse si los controles son de un tipo adecuado y son llevadas a cabo con una frecuencia apropiada. Los datos de control de calidad se pueden utilizar para identificar las tendencias y por lo tanto, anticipar el deterioro en el rendimiento del sistema.

En lo que respecta a equipos radiológicos que se utilizan radiaciones ionizantes, no sólo hay normas nacionales para las pruebas de control de calidad para llevar a cabo, sino también la obligación de llevar a cabo estas pruebas ha sido consagrada en la legislación.

Para la RM, la situación es algo diferente, las directrices generales que existen detallan un rango de pruebas de control de calidad y su metodología. Sin embargo, no parece haber consenso en cuanto a la frecuencia con que deben llevarse a cabo en la práctica clínica, y en la actualidad no existe un marco legal adecuado para la realización de estos controles.

Realizar un Control de Calidad representa un compromiso no sólo con altos estándares de calidad para un buen rendimiento de la RM, sino también para responder a las

necesidades de las instalaciones durante la realización de imágenes médicas, para con los médicos y pacientes en un panorama médico en constante cambio.

Lo mejor es un nuevo enfoque de un programa más flexible que reconozca que los patrones de práctica varían, *dependiendo de la población de pacientes atendidos y el tipo de imán utilizado.*

4.2.2 Directrices Generales

Estas directrices tienen por objeto garantizar el funcionamiento seguro del equipo de resonancia magnética, e indicar los medios para eliminar o minimizar los posibles efectos nocivos.

La instalación *ya satisface las directrices de construcción, los requisitos de seguridad eléctrica y contra incendios.*

Las directrices se aplican a todas las personas que participan directa o indirectamente con la operación de la RM: pacientes, personal de servicio, el personal auxiliar (tales como la enfermería y el personal de limpieza) y los visitantes.

El cumplimiento de estas directrices reducirá al mínimo los posibles riesgos para los pacientes, el personal y el público.

Sin embargo, para la realización de las exploraciones con RMN, las siguientes consideraciones generales también se aplican:

1. Las exploraciones por RMN se debe realizar solamente cuando el beneficio clínico para el paciente supere cualquier posible riesgo.

2. Si una parte de los exámenes de resonancia magnética forma un proyecto de investigación, el proyecto debe ser aprobado por un comité de ética y obtenido el consentimiento informado del sujeto.
3. Las ventajas clínicas y desventajas deben ser comparadas con otras técnicas de diagnóstico disponibles.
4. Los usuarios de RM deben estar debidamente **capacitados en los principios y el funcionamiento de los equipos, indicaciones y contraindicaciones para su uso, el mantenimiento de registros requisitos y precauciones de seguridad.**
5. Se debe implementar un sistema para la formación continua de todo el personal (incluyendo personal no clínico) que trabajan en o alrededor del equipo.
6. Todos los tecnólogos médicos que practican la radiación magnética necesita una excepción a la práctica a menos que tengan un título de resonancia magnética específica.
7. Debe haber procedimientos locales en el lugar para el manejo de emergencias, especialmente donde hay única operación de los equipos. Siempre que sea posible estos procedimientos deben ser ensayados.

4.3 *SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD*

Esta documentación de control de calidad tiende a ayudar a los tecnólogos a entender más sobre la física de la RM y llegar a ser más experto en el correcto funcionamiento del Equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo Toshiba MRT-600EX. A menudo pueden prever los problemas y sugerir soluciones antes de realizar el escaneo.

También son más eficaces para calmar los temores del paciente sobre el examen, ya que pueden hablar con más autoridad sobre sus fundamentos que tiene el equipo para realizar el examen adecuado y sin riesgos.

Al igual que con cada pieza de la tecnología, hay riesgos y beneficios. Estas piezas de la tecnología de amplio uso, en general tienen un alto beneficio a la razón de riesgo.

A pesar de que la resonancia magnética no utiliza radiación ionizante para producir imágenes todavía hay algunas consideraciones de seguridad importantes que uno debe estar familiarizado. Estos se refieren a la utilización de fuertes campos magnéticos, la energía de radio frecuencia, los campos magnéticos variables en el tiempo, líquidos criogénicos, y los gradientes de campo magnético.

4.3.1 *MEDIDAS DE IMPORTANCIA*

Estas medidas son muy importante y en conjunto ayudan a tener un buen resultado en el examen que se vaya a realizar, que son necesarias para aplicarla en MEGAFLOR Neurodiagnóstico y Medicina.

Control de Infecciones

La instalación deberá contar con políticas y procedimientos para controlar la propagación de la infección entre los pacientes y el personal. Estos deben incluir el cumplimiento de las precauciones universales y el uso de técnicas de asépticas.

Seguridades

La instalación deberá contar con políticas y procedimientos para velar por la seguridad de los pacientes y el personal.

Estos deben incluir la atención al entorno físico, el uso, almacenamiento y eliminación de medicamentos y materiales peligrosos, y los métodos para hacer frente emergencias.

Educación del paciente

La instalación deberá contar con políticas y procedimientos para educar e informar a los pacientes sobre los procedimientos, intervenciones a realizar y los procesos de instalación de los mismos. Esto debe incluir instrucciones apropiadas para la preparación del paciente y la atención posterior, en su caso. Esta información debe ser proporcionada en una forma adecuada para el paciente y la familia

Mejoramiento de la Calidad

Los procesos del CC deben ser sistemáticamente revisados y evaluados como parte de la mejora de la calidad total en la instalación. El seguimiento debe incluir la evaluación de la exactitud de la interpretación, así como la ejecución de las pruebas.

4.3.2 DEFINICIÓN DE ZONAS

El acceso a los equipos de resonancia magnética debe ser controlado según sus líneas de campo con zonas definidas:

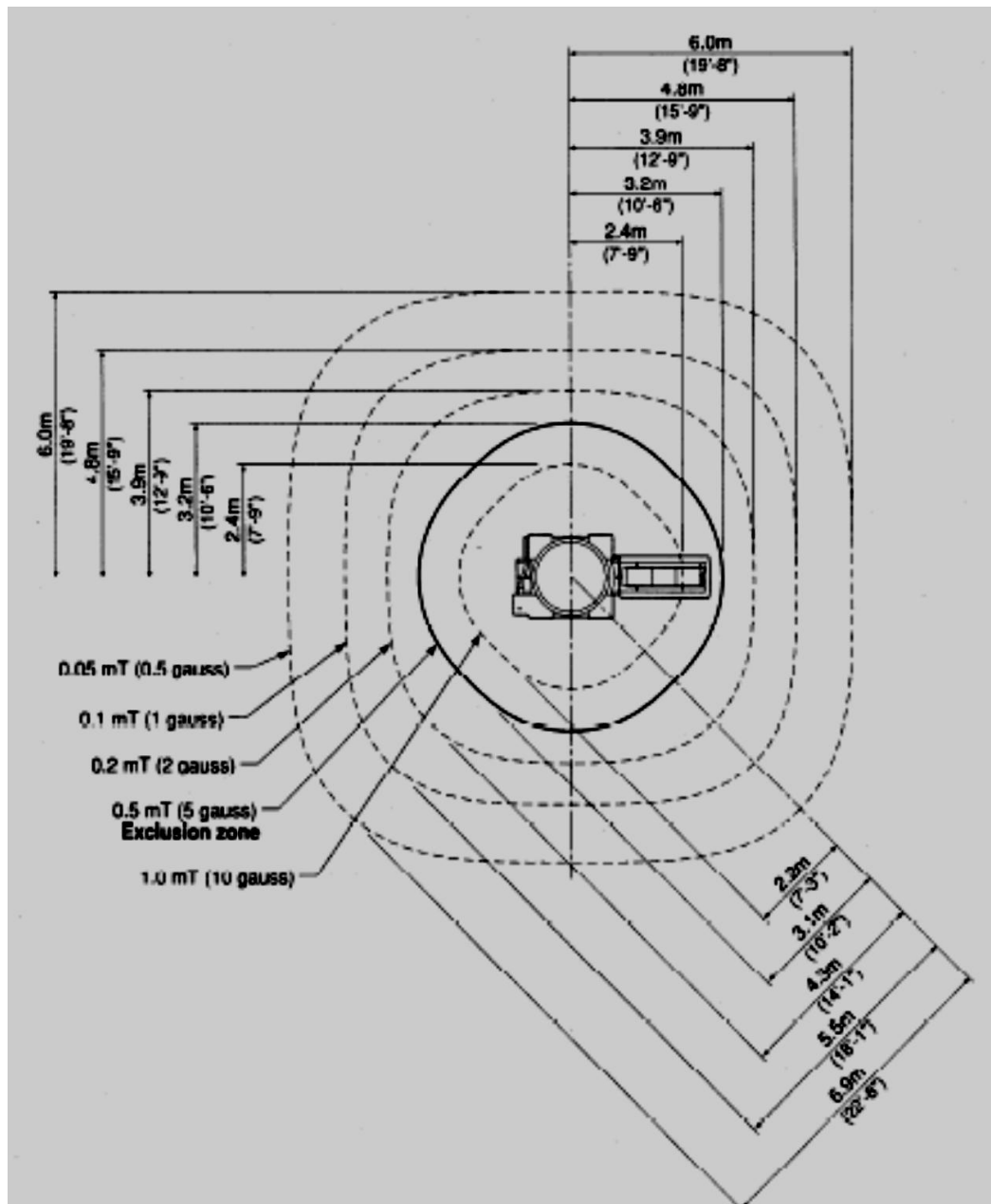


Figura 4.1. Distancias y líneas de campos formados por el imán de 0.35T (ver Apéndice C para mas detalles)

- **Zona restringida:** Acceso a un área donde los campos magnéticos estáticos superar las 0.5mT (Sala de exploración) debe ser restringido al personal cualificado en resonancia magnética, o de personas bajo la supervisión de dicho personal.

Se espera que el personal cualificado de MRI sea consciente de las precauciones que deben tomarse dentro de dichas zonas y los posibles peligros que puedan surgir. Esto normalmente incluye el personal de operación de MRI e ingenieros de mantenimiento, y, posiblemente, formación del personal de limpieza.

Los materiales ferromagnéticos, y cualquier cosa que no se ha demostrado que es compatible con equipos de resonancia magnética, no deben ser traídos a la zona restringida.



Figura 4.2. Señal de zona restringida de MR

- **Zona controlada:** Acceso a cualquier área donde el campo magnético estático *no* puede exceder de 0.5mT, o en pendiente o los campos de radiofrecuencia pueden interferir con equipos electrónicos (Sala de equipos, cabina de control), deben ser controlados y ser definidos por las señales de advertencia o algún otro medio, con el fin de excluir a las

personas que tengan implantados marcapasos, o desfibriladores o neuroestimuladores.



Figura 4.3. Señal de zona controlada de MR

- **Entorno de RM:** son las áreas adyacentes a los equipos de resonancia magnética para que sean de acceso libre (pasillos, salas de espera o áreas adyacentes exterior) deben tener los campos de menos de 0,5 mT y estar a salvo de los campos de RF.



Figura 4.4. Señal de zona de MR

CONTROL DE PELIGROS FÍSICOS

Esta sección cubre los posibles riesgos físicos que pueden ser producidos por el equipo de resonancia magnética Toshiba MRT-600EX o por el gradiente de estática, y de radiofrecuencia (RF) que genera.

Aunque muchos de estos factores pueden ser fijos en el momento de la instalación, estos pueden ser alterados por modificaciones posteriores en el hardware o los protocolos de exploración.

- Campos magnéticos estáticos
- Campos de gradientes
- Campos de radiofrecuencia

4.3.3 Campos magnéticos estáticos

Un imán superconductor es un electroimán, un alambre tiene una resistencia aproximadamente igual a cero cuando se enfría a una temperatura cercana al cero absoluto ($-273,15^{\circ}\text{C}$ o 0K) por inmersión en helio líquido. Una vez enfriado es obligado a fluir en la bobina que seguirá fluyendo siempre y cuando la bobina se mantiene a temperatura del helio líquido (algunas pérdidas se producen con el tiempo debido a la resistencia infinitamente pequeño de la bobina. Estas pérdidas pueden ser del orden de una ppm del campo magnético principal por año.)

Las investigaciones llevadas a cabo hasta la fecha sugieren que no hay efectos adversos causados por la exposición a corto plazo del tronco y la cabeza a los campos magnéticos estáticos de hasta 2 Tesla (T), y hay motivos razonables para creer que los miembros no se ven afectados en campos de hasta 5T.

PROBLEMA

❖ Sobreexposición:

Posibilidades de sobre exposición a los campos magnéticos estáticos generados con el imán de 0.35T. (*Véase Apéndice C*)

❖ Colisiones:

Objetos de hierro o algún otro material ferromagnético puede ser movido por los campos más fuertes de 3 mT, y puede ser peligrosa para las personas o equipos.

❖ Interferencia magnética

Las tarjetas de crédito, relojes y cintas magnéticas también pueden verse afectadas.

❖ Interferencia equipo medico

El funcionamiento de algunos marcapasos pueden verse afectados por los campos más fuertes de 0,5 mT.

SOLUCIÓN

- ✓ Controlar el acceso
- ✓ Escaneo con detector de metales
- ✓ Verificación personalizada
- ✓ Controlar la exposición a los campos magnéticos

Los límites máximos de exposición para el equipo Toshiba MRT-600EX son los siguientes:

➤ **Pacientes**

Exposición de los pacientes de todo el cuerpo no debe exceder de 4 T, con el

monitoreo cardiovascular requerida en los campos de más de 2 T. exposiciones de los miembros no debe exceder de 5 T.

➤ **Personal de MRI**

La exposición en el personal como promedio durante una jornada de trabajo no debe superar los 200 mT con un máximo absoluto de 2 T en el tronco y la cabeza, 5 T para las extremidades.

➤ **Visitantes, personal auxiliar**

Los visitantes y el personal auxiliar no deben ingresar al área restringida, excepto bajo la supervisión del personal de la RM.

Tabla4.2. Campo magnético estático. Valores límite de referencia para la exposición

Criterio de valoración			Densidad de flujo magnético B	
			Exposición continuada	Valor techo
IRPA-ICNIRP (1998)	Exposición laboral	Cuerpo completo	200 mT	2 T
		Localizado en miembros (p.e. piernas)	-	5 T
	Exposición del público		40 mT	2 T ^(*)
	Portadores de marcapasos		-	0,5 mT
ACGIH (2002)	Exposición laboral	Cuerpo completo	60 mT	2 T
		Localizado en miembros. (p.e. piernas)	600 mT	5 T
	Portadores de marcapasos y prótesis metálicas		-	0,5 mT
Recomendación del Consejo (1999/519/CE)	Exposición del público		40 mT	2 T ^(*)
Real Decreto 1066/2001	Exposición del público		40 mT	2 T ^(*)

(*) Bajo condiciones controladas.

4.3.4 Campos de gradientes

Los campos de gradientes están cambiando rápidamente los campos magnéticos, que inducen corrientes en los conductores eléctricos por inducción electromagnética. En el sistema MRT-600EX tenemos gradiente de 10mT/n con una respuesta a alta velocidad de 20T/m/s que funciona a modo normal únicamente

Los campos de gradientes se limitan a la zona inmediatamente alrededor y dentro de la cámara.

PROBLEMA

La densidad de corriente suficientemente alta puede estimular los nervios, produce magnetophosphenes (flashes aparente de la luz en la retina) o incluso la fibrilación.

Cuanto más corto sea el tiempo de estímulo, mayor es la tasa de cambio necesaria para producir un efecto.

SOLUCIÓN

Modo de funcionamiento **NORMAL**

Controlar las tasas máximas de cambio para los gradientes axiales en diferentes anchos de pulso, el escáner operar en Modo de Funcionamiento Normal de acuerdo con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) Norma 601-2-33 requisitos particulares para la seguridad de la resonancia magnética. [18]

Véase Apéndice F.

4.3.5 Campos de radiofrecuencia

El sistema MRT-600EX funciona dentro del modo Normal de acuerdo al estándar para RF, por lo que cuando el imán está en funcionamiento emite energía de radiofrecuencia y los cables que estén cerca podrían actuar como antenas y fácilmente recogen energía del campo de frecuencia de radio.

Los pulsos de radio-frecuencia (RF) de energía térmica del cuerpo. Este calor puede ser disipado por el cuerpo, siempre que la velocidad de calentamiento no es excesiva. [18]

Los campos de radiofrecuencia están limitados a la sala de imágenes.



Figura 4.5. Señal de RF

Contraindicación

Al usarse un imán tan potente en este examen, hay personas que no pueden someterse a él, como personas con implantes electrónicos, algunos implantes metálicos determinados por el médico, cualquier objeto de metal que contenga hierro, etc.

En general, se debe informar al médico de cualquier cosa, para que pueda decidir si es conveniente o no hacer el procedimiento. Es importante especialmente, que se informe de trabajos anteriores con metales, de los embarazos, y del uso de hipoglucémicos orales por parte de las personas diabéticas.

PROBLEMA

❖ Efectos de antena

Los cables metálicos que se encuentren cerca actúan como antenas que puede causar una descarga eléctrica

❖ Interferencia con implantes

Al usarse un imán tan potente en este examen, hay personas que no pueden someterse a él, como personas con implantes electrónicos, algunos implantes metálicos determinados por el médico, cualquier objeto de metal que contenga hierro, etc. [13]

❖ Aumento de temperatura

Algunas enfermedades (enfermedad cardiovascular, hipertensión, diabetes, fiebre, la vejez y la obesidad) y algunos medicamentos (diuréticos, bloqueadores beta, antagonistas del calcio, anfetaminas, sedantes y relajantes musculares) pueden alterar los mecanismos de enfriamiento normal.

SOLUCIÓN

Verificación de cables

No permitir el acceso de cables que no estén autorizados para MRI

Conocimiento de implantes

En general, se debe informar al médico de cualquier cosa, para que pueda decidir si es conveniente o no hacer el procedimiento. Es importante especialmente, que se informe de trabajos anteriores con metales, de los embarazos, y del uso de hipoglucémicos orales por parte de las personas diabéticas.

Controlar la temperatura

No se esperan efectos adversos si la temperatura se eleve por menos de 1°C.

Sin embargo, para los niños, mujeres embarazadas y pacientes con deterioro de los mecanismos de refrigeración, el aumento de la temperatura central debe limitarse a 0,5°C. [28]

Los aumentos de temperatura son los mejores predichos por la *tasa de absorción específica*. El escáner debe cumplir con la Norma IEC 601-2-33. Véase *Apéndice F*

SAR es una medida de la potencia máxima con que un campo electromagnético de radiofrecuencia es absorbido por el tejido vivo. Se mide en W / kg

$$SAR = \frac{P(RF)}{m}$$

SAR = Joules de RF / Segundo / kg de peso corporal
= watts / kg

Tabla 4.3. Medidas para los tejidos

TIPO DE TEJIDO	Conductividad ($S\ m^{-1}$)	Frecuencia (MHz)0,9%
0.9% sline	1.67	100
Suero sanguíneo	1.17	100
El humor vítreo	1.60	100
Lente del ojo	0.40	50-100
Riñón	0.90	100
	1.00	50
Hígado	0.55	50
	0.59	100
Pulmón	0.54	50
	0.71	100
Del músculo cardíaco	0.96	200

4.3.6 Unidad de refrigeración

PROBLEMA

En la instalación de RM usando el imán superconductor hay una rara posibilidad de que el helio líquido refrigerante pueda evaporarse. Si los gases no tienen ventilación hacia el exterior estos pueden representar un riesgo de asfixia

SOLUCIÓN

En los equipos (incluyendo la sala de exploración y en cualquier área donde se almacena el líquido refrigerante) se debe instalar un sistema de escape adecuado para ventilar los gases al exterior en caso de un enfriamiento.

Como medida de precaución en el caso de este fallo, un procedimiento de evacuación de emergencia debe ser establecido y ensayado.

Contar con monitores de oxígeno con una alarma sonora en la sala de exploración y otras áreas donde se almacenan líquidos refrigerantes.

Se recomienda tener en cuenta los botones de apagado de emergencia que están instalados tanto dentro como fuera de la sala de exploración.

4.3.7 Control de ruido

PROBLEMA

El funcionamiento de un sistema MRT-600EX puede ser ruidoso, que puede causar molestias en el paciente, ansiedad, angustia y la pérdida de audición, incluso temporal.

El personal o los visitantes en la sala de imágenes también pueden verse afectados.

Daños en dispositivos de cóclea. [26]

Sangrado en personas con oídos sensibles

SOLUCIÓN

Tapones para los oídos deben estar disponibles a cualquier persona presente en la sala de imágenes durante la exploración, especialmente si los niveles de ruido excedan los 94 dB.

Adquirir auriculares compatibles con el sistema MRT-600EX que también sirven para amortiguar el ruido externo se puede utilizar para comunicarse con el paciente durante la exploración.

4.3.8 Control y Mantenimiento Preventivo

PROBLEMA

Un diagnóstico preciso sólo puede realizarse a partir de imágenes de buena calidad. Diagnósticos incorrectos debido a las imágenes de mala calidad o mal funcionamiento del equipo puede ser tan perjudicial como cualquiera de los otros factores considerados aquí. Los operadores del equipo deben establecer la garantía de calidad y programas apropiados de mantenimiento para detectar y prevenir la degradación gradual de la calidad de la imagen.

SOLUCION

Un programa de control de calidad continuo se llevará a cabo para todas las Unidades de RMN.

El físico médico debe identificar a la persona responsable de realización de las pruebas y puede optar por aumentar la frecuencia de las pruebas basadas en la instalación y el uso de resonancia magnética.

El número mínimo de pruebas y la frecuencia de las pruebas incluyen, pero no se limitan a, las siguientes:

- Revisión de las 3 áreas de MRI
- Estado general del sistema
- Control de bobinas
- Control de acceso
- Sistema de colocación del paciente

Una revisión de estos artículos de la manera en la que se recomienda a continuación cubre un amplio rango de posibles fallas en el sistema y puede alertar al operador de problemas a tiempo para mejorar el servicio y tener prontas soluciones antes de realizar el examen.

4.3.8.1 Revisión de las áreas de MRI

Definición

Se trata de verificar el buen estado del sistema completo para el Equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo Toshiba MRT-600EX esta es quizás la prueba más simple de realizar, pero que es a menudo pasado por alto debido a que solo es una inspección visual de los equipos.

No se necesita equipo especial.

Procedimiento

En este proceso comprende la sala de exploración, la consola del operador y la sala de equipos en las que se revisara que todo esté en funcionamiento y en el estado adecuado, tomando muy encuentra las luces de alertas de cada área.

- Hacer un inventario físico
- Determinar si todos los componentes están funcionando
- Llevar registros
- Revisar que las puertas estén aseguradas
- Verificar todas las conexiones

Decisión de aceptación

Todos los componentes deben estar en correcto funcionamiento. Cualquiera de las partes que se especifica en el Capítulo II que se encuentra con alguna deficiencia de las características respectivas de acuerdo a las indicadas; debe ser llevado a una revisión con la persona apropiada.

4.3.8.2 Estado general del sistema.

Definición

Determinar que los dispositivos funcionen correctamente ya que esto da una breve pero detallada información del estado de los dispositivos que se involucran para realizar un examen y tienen que ser revisados por el personal de trabajo.

Procedimiento

Se chequeara el buen funcionamiento de:

- el sistema de cámaras
- el INTERCOM,
- pulsadores de alarma
- movimiento de la tabla
- función de consola
- puerta RF
- temperatura ambiente
- monitores de pacientes

Decisión de aceptación

Deben estar encendidos y en funcionamiento

El desempeño deficiente puede ser observado durante el chequeo y se procederá a corregirlo

4.3.8.3 Control de Bobinas

Definición

Las bobinas para visualizar partes del cuerpo (bobinas receptores) deberían utilizarse de acuerdo con la zona que se explora y con el tamaño del paciente.

Las bobinas de RF sirven como transmisor del campo B 1 y el receptor campos de energía de RF por lo que se debe controlar cualquier peligro por la energía almacenada en las mismas. [9]

Problema

➤ Descargas eléctricas

Un paciente en ningún caso debería ser explorado con una bobina que tiene aislantes rotos o terminales metálicos al descubierto. Cables de transmisión enroscados pueden producir graves descargas eléctricas al paciente.

➤ Quemaduras

El contacto de un paciente con una bobina defectuosa puede dar lugar a graves quemaduras.

Procedimiento

Tome las siguientes precauciones cuando instale una bobina:

- ✓ Asegúrese de que el cable de la bobina no se trabe con el mecanismo de la mesa, entre la mesa y la bobina transmisora, debajo de la tabla o se enrolle alrededor del paciente.
- ✓ La bobina de RF, cables o conectores, bajo ninguna circunstancia deberían entrar en contacto con la piel del paciente porque se induce una corriente y puede causar daño.
- ✓ Cuando coloque al paciente, ponga especial cuidado en guiar los cables lejos del paciente o de cubrirlos con un material grueso, por ejemplo, toallas o sábanas.
- ✓ Todos los cables de las bobinas y cables ECG deben estar cubiertos con varias capas de material o con la almohadilla ECG.
- ✓ Compruebe que ningún cable y/o terminal de conexión ECG esté en contacto con la piel del paciente.
- ✓ No utilice bobinas, cables, o terminales de conexión con aislamiento desgastado, superficies metálicas descubiertas, o lazos conductores.

- ✓ La longitud del cable dentro del imán, debería ser mínima y no debería tocar la bobina transmisora.



Figura 4.6. Bobina y cable de conexión ECG

Decisión de aceptación

Si nota una anomalía en cualquiera de las bobinas durante exploración, detenga inmediatamente la exploración, quite la bobina y contacte con su técnico. Si se ha averiado una bobina, contacte inmediatamente con el técnico autorizado de Toshiba

4.3.8.4 Sistema de colocación del paciente

Definición

El sistema de colocación del paciente consiste en probar:

Funcionamiento de la mesa de paciente, la mesa de paciente consiste en la mesa estacionaria y la tabla móvil encima de la mesa.

Para utilizar la tabla correctamente es necesario conocer su funcionamiento y la terminología del sistema de posicionamiento de la tabla y bloquear la tabla en la posición apropiada, y cargar a los pacientes sin riesgo.

La luz de colocación para centrar axial y sagitalmente, la luz está situada por encima de la mesa en forma de un pequeño laser.

Procedimiento

- ✓ Mover la tabla encima de la mesa manualmente tanto lateralmente como dentro y fuera del imán.
- ✓ Probar los bloqueos de los frenos de la tabla
- ✓ Verificar la luz de colocación para centrar axial y sagitalmente.

Esto nos sirve para que cuando coloca a los pacientes, se alinee el retículo de la luz con la parte de la anatomía que va a estudiarse

4.3.8.5 Control de acceso

Definición

El acceso a la sala de exploración debe estar controlado debido a los peligros inherentes del Gantry para MRI, por el campo magnético que se genera durante la exploración para realizar imágenes diagnosticas de buena calidad.

Problema

- Los pacientes y el personal que tienen razones médicas que contraindican el acceso a campos altamente magnéticos no deben entrar en la sala de exploración.
- Objetos sensibles a los efectos de fuerzas o campos magnéticos no deben introducirse en la sala de exploración.
- Los pacientes y personal que llevan puestos o transportan objetos magnéticos no deben entrar en la sala de exploración.

Procedimiento

- Para asegurar a los pacientes y al personal en el momento de instalación, se coloca carteles especiales y advertencias de peligro a causa de los fuertes campos magnéticos, en lugares apropiados.
- Para mayor precaución en la instalación se pueden instalar medidas de precaución adicionales, tales como: Detectores magnéticos portátiles o modelo pórtico en la entrada principal de la sala MRI. Esto ayuda a prevenir la introducción inadvertida de pequeños objetos ferromagnéticos que son interceptados a una distancia segura del imán. [20]

CAPITULO V

5 CONCLUCONES Y RECOMENDACIONES SOBRE EL PROCESO DE INSTALACION

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Con el desarrollo de esta tesis se ha elaborado la guía para instalación del equipo de diagnostico medico por resonancia magnética modelo Toshiba MRT-600EX, que sustentan esta avanzada técnica de diagnostico

- ✓ Esta destinada a llamar la atención de las personas involucradas con el uso clínico de estos equipos, asuntos importantes que requieren una cuidadosa consideración antes, durante y después de ser instalado.

- ✓ Es una introducción para el personal técnico que no están familiarizados con este tipo de equipos y actúa como un recordatorio para aquellos que lo están y así evitar riesgos o posibles errores en el proceso de la instalación
- ✓ La descripción del hardware del equipo de Resonancia Magnética Nuclear modelo TOSHIBA MRT-600EX nos permite conocer las características de cada componente involucrados en la generación de campos magnéticos estables que sean aplicables en los seres humanos
- ✓ El sistema de control de calidad propuesto en el presente trabajo asegura el buen funcionamiento de el equipo, la seguridad de operadores y pacientes y un alto estándar de calidad en las imágenes
- ✓ Descripción de los cuidados y recomendaciones necesarias para todo el personal que este en contacto con el MRT y los limites de exposición permitidos de acuerdo a las normas internacionales
- ✓ El control de calidad vale la pena el esfuerzo. Además, proporcionará una mayor confianza en el rendimiento del sistema, el tiempo de inactividad disminuyen, mejorar la comprensión de sus técnicos de la RM, y fomentar el trabajo local para responder al detectar un problema.

5.2 *RECOMENDACIONES*

- Es importante tener en cuenta que la planificación cuidadosa de una nueva instalación contribuye a optimizar la protección y a minimizar costos.
- Es mejor involucrar a un consultor de blindajes de radiofrecuencia (RF) o tomar medidas más científicas en la elección de materiales en las etapas de planificación de un sitio de RM, a menudo puede conducir a un local que no está preparado para aceptar un escudo protector de RF, lo que ocasiona retrasos en los proyectos y costos elevados.
- Se han de tener en consideración múltiples características aplicables a un área de diagnostico incluyendo enclavamientos y señales de advertencia. Verificar las distancias necesarias para que se mantenga la homogeneidad del campo que forma un imán para diagnostico por Resonancia Magnética,
- Tomar muy en cuenta las medidas contra los peligros físicos que podría generar el equipo Toshiba MRT-600EX, por lo que es recomendable la instalación de equipos magnéticamente sensibles en las áreas que rodean una sala de RM
- El Control de Calidad se realiza mejor en una base diaria, pero si todo lo que puede comprometerse a una vez a la semana, es mejor que no tener control de calidad en todo.

- Se recomienda al personal que trabaja con el equipo Toshiba MRT-600EX implementar en las instalaciones el sistema de control de calidad como una norma para asegurar el buen funcionamiento del mismo.
- Tomar en cuenta este documento para proponer una norma nacional de equipos que generen campos magnéticos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- COLOMBO P. y otros.,** Ensayo multicéntrico para la puesta en marcha de resonancia magnética., 4ta. Ed., Buenos Aires - Argentina., Magn Reson., 2004., Pp. 93-101
- 2.- F. GARCIA-OCHOA, A. SANTOS.,** Coke effect in mass transport and morphology of Pt-Al₂O₃ and Ni-Mo-Al₂O₃ catalysts., s. ed., New York – EE. UU., AIChE J., 2008., Pp. 442, 524.
- 3.- Kanal E.,** Monitorización del paciente durante las pruebas de RM. Diario de la resonancia magnética., Madrid - España, Megdcopy., 2008., Pp. 147- 158 - 258.
- 4.- LERSKI R. y otros.,** Evaluación del desempeño y control de calidad en la RM por los objetos de prueba Eurospin y protocolos. 4ta. ed., Buenos Aires - Argentina., Magn Reson., 2003. Pp. 817-833.

- 5.- McROBBIE DW, QUEST RA.,** Eficacia y pertinencia de las pruebas de aceptación MR: los resultados de una auditoría de ocho años. 2a. ed., Madrid – España., Br J Radiol., 2002., Pp. 523-531, 675-679.
- 6.- PRICE RR, ALLISON y otros.,** Practical aspects of functional MRI., 8va. Ed., Washington – EE. UU., Med Phys., 2009., Pp. 892-912-960-968.
- 7.- SHELLOCK, F G.,** Guía de bolsillo para los procedimientos de MR y objetos metálicos: actualización de 2001., s. ed., Madrid – España., Lippincott Williams & Wilkins., 2001., Pp. 49-54-77.
- 9.- SIEGFRIED STOPF Y SONG-I HUN.,** NMR Imagen in Chemical Engineering., California – EE. UU., WILEY VCH., 2006., Pp. 24-26-45-49.
- 10.- SUSANTA K. SARKAR.,** NMR Spectroscopy and its application to biomedical research., 3ra ed., New York – EE. UU., ELSEVIER SCIENCE B.V., 1998., Pp. 37-67-72.
- 11.- COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL.,** Requisitos particulares para la seguridad de los equipos de resonancia magnética para diagnóstico médico. IEC 601-2-33., s. ed., Ginebra – Suiza., Mc. Rev., 1995., Pp. 34-37.

12.- COMITÉ DE LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE RADIACIONES

NO IONIZANTES., Protección Radiológica, Protección de los pacientes sometidos a un examen de resonancia magnética., Washintong - EE.UU., Salud Física., 2010., Pp. 923-928.

13.- ECRI (EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE)., El uso seguro del

equipo en el entorno de la resonancia magnética., Dispositivos de Salud 30., California – EE. UU., ECRI., 2001. Pp. 421 – 444.

14.- EL INSTITUTO DE FÍSICA E INGENIERÍA EN MEDICINA., n Estándares

recomendados para las pruebas de rendimiento de las rutinas de diagnóstico de rayos X de los sistemas de imágenes., IPEM Informe 91. New York – EE. UU., IPEM., 2005., Pp. 89-95.

15.- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Orientación para la presentación de

notificaciones previas a la apertura de los dispositivos de diagnóstico por resonancia magnética., Washintong - EE.UU., ERSA., 2010., Pp. 456-462.

16.- NACIONAL DE SALUD Y EL CONSEJO DE INVESTIGACIÓN MÉDICA.,

Directrices de seguridad para las instalaciones de diagnóstico por resonancia magnética., Serie de la Salud no. 34. Gobierno de Australia de servicios de impresión, Canberra - Australia., 2004., Pp. 65-72

- 17.- TOSHIBA.,** Guía de iniciación de usuario Número de parte: 001-50763200-12
Rev. A. Zilverstraat., ZOETERMEER., Netherland- Europa., s. f., Pp. 38-73.
- 18.- TOSHIBA.,** Opart imaging system., s. ed., New York – EE. UU., Sircrop.,
2009., Pp. 34-45,78-88,198-224
- 19.- TOSHIBA AMERICA.,** MRI Incorporated 804-50641100-01., Rev 2.,
Netherland – Europa., COPYRIGHT., 2008., Pp. 13-18-28-35-69.
- 20.- TOSHIBA CORPORATION.,** Site planning guide for Toshiba superconducting
MRI system OPART™., Netherland- Europa., COPYRIGHT., s.f., pp.
167-180.
- 21.- TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS EUROPE B.V.,** Manual de seguridad
OPART., Netherland – Europa., COPYRIGHT., 2000., Pp. 67-80, 124-143.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

**22.- DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS. FOOD AND
DRUG ADMINISTRATION.**

<http://www.fda.gov/cdrh/ode/mri340.pdf>

2011-03-12

22.- DIAGNÓSTICO POR IMAGEN, RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR.

<http://www.iqb.es/diagnostico/rmn/toc01.htm>.

2011-04-09

**23.-DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BOBINA DE RADIOFRECUENCIA
PARA ESTUDIOS EN RESONANCIA.**

[http://www.hggm.es/image/pdfs/Diseno%20y%20construccion-
%20145%20148](http://www.hggm.es/image/pdfs/Diseno%20y%20construccion-%20145%20148)

2011 – 06 - 25

24.- LA RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

<http://www.aurasalud.com/qqs/diagnosis/rmn>

2011-06-14

25.- MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI).

http://www.med.umich.edu/1libr/aha/aha_mriimage_sma.htm

2011-05-10

**26.- PATENTES Y MARCAS. JAULA DE FARADAY, EN PARTICULAR PARA
APLICACIONES DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR.**

http://www.espatentes.com/pdf/2244137_t3.pdf.2011

2011-08-06

27.- PRACTICE GUIDELINES FOR MAGNETIC RESONANCE IMAGING.

[http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/guidelines/
mri.aspx](http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/guidelines/mri.aspx)

2011-09-22

28.- RESONANCIA MAGNÉTICA.

http://www.bioingenieros.com/biomaquinas/resonancia_magnetica/index.htm

2011-07-12

GLOSARIO

Blindaje magnético: Blindaje que se contrae y da forma a la franja de campo para que los valores de la intensidad del campo magnético en el resultante de campo marginal se reduzcan considerablemente. Esto se logra por blindar la sala de exploración con placas de acero.

Blindaje activo: un sistema electromagnético, integrado en escáneres de resonancia magnética, por el cual el campo magnético se condensa en un volumen menor.

Criógeno: Los gases atmosféricos tales como el nitrógeno y el helio que se han enfriado tanto que se han condensado en un líquido, temperatura del líquido refrigerante muy bajo con un punto de ebullición de -238 grados Fahrenheit o menos

De alto campo: Una descripción general usado para describir equipos de resonancia magnética igual o superior a 1Tesla de fuerza del campo magnético.

Detectores ferromagnéticos: productos para la detección de materiales ferromagnéticos, pero no de alarma en no ferromagnético los metales.

Electroimán: Un dispositivo que genera un campo magnético a través del flujo de corriente eléctrica través de una bobina.

Enfriamiento: Un evento en el que el criógeno líquido dentro de un imán se reduce rápidamente. Esto puede ser deliberadamente o de forma espontánea desencadenada.

Escudo de Radiofrecuencia (RF): Un recinto especial que se requiere alrededor de todos los escáner de resonancia magnética clínica equipos, por lo general integrados en la construcción de habitación.

Fantoma: Un objeto antropogénico que se pueden crear imágenes para probar el rendimiento de un sistema de imágenes por resonancia magnética.

Ferromagnéticos: La propiedad de un material o dispositivo que se siente atraído por los campos magnéticos.

Gauss: Unidad de medida de la fuerza del campo magnético. El campo de la Tierra es de aproximadamente 0,5 gauss en el nivel del mar en las latitudes medias. Las intensidades de campo de los imanes utilizados para obtener imágenes de cuerpo entero se miden en múltiplos de kilogauss (kg) o tesla (T).

Gradiente espacial: La velocidad a la que la fuerza del campo magnético cambia con la distancia del isocentro.

Imán permanente: Un material que conserva las propiedades magnéticas de forma indefinida.

Isocentro: Una localización en un imán de imagen asignado las coordenadas $(x, y, z) = 0,0,0$ y es el centro de un campo magnético. En la RM suele ser el lugar de máxima fuerza del campo.

MR / RM / RMN: abreviaturas de resonancia magnética, resonancia magnética y Resonancia Magnética Nuclear. Todos se refieren al mismo proceso.

No - ferromagnéticos: La propiedad de un material o dispositivo que no se siente atraído por campos magnéticos.

Panel de penetración: Un punto de acceso a través del escudo de RF entre la sala del escáner MRI y el sistema de resonancia magnética Sala de equipos, proporcionados por el proveedor de equipos de resonancia magnética Toshiba.

Resonancia magnética abierta: los sistemas de resonancia magnética en la que los imanes son por lo general por encima y por debajo del paciente con los lados abiertos.

Superconductor: Una propiedad de algunos conductores eléctricos que se pierde no corriente a la resistencia durante la transmisión.

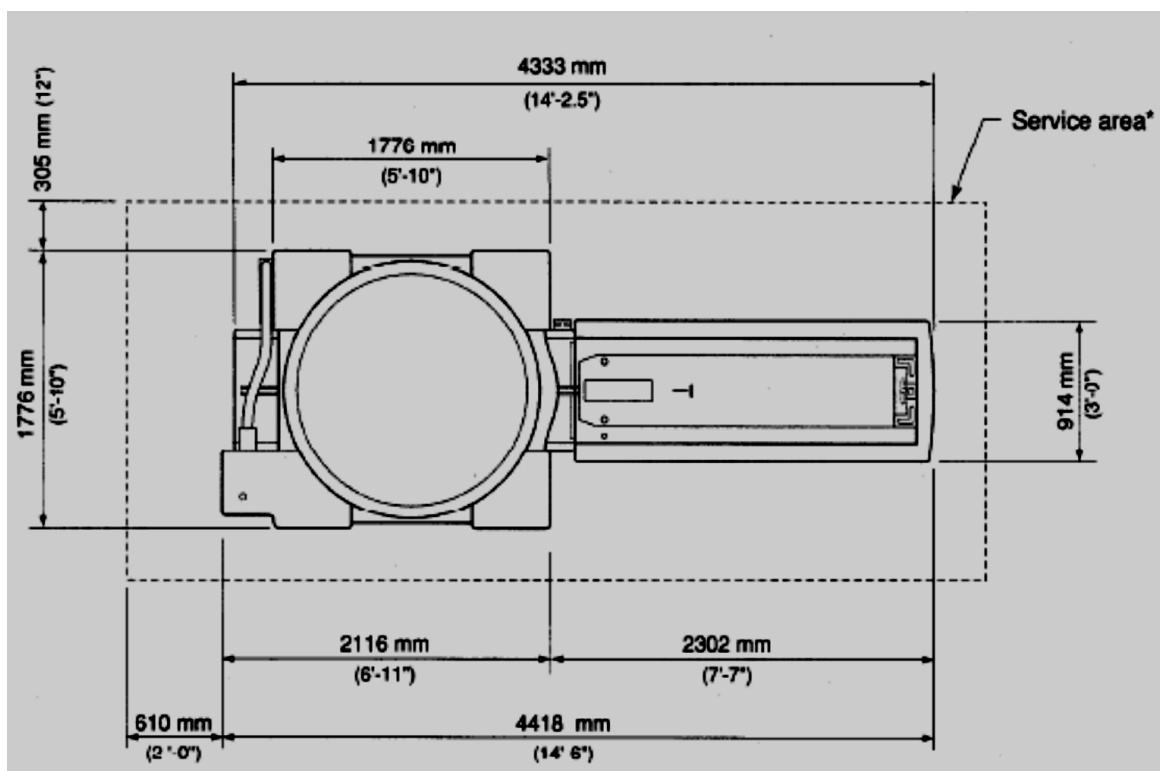
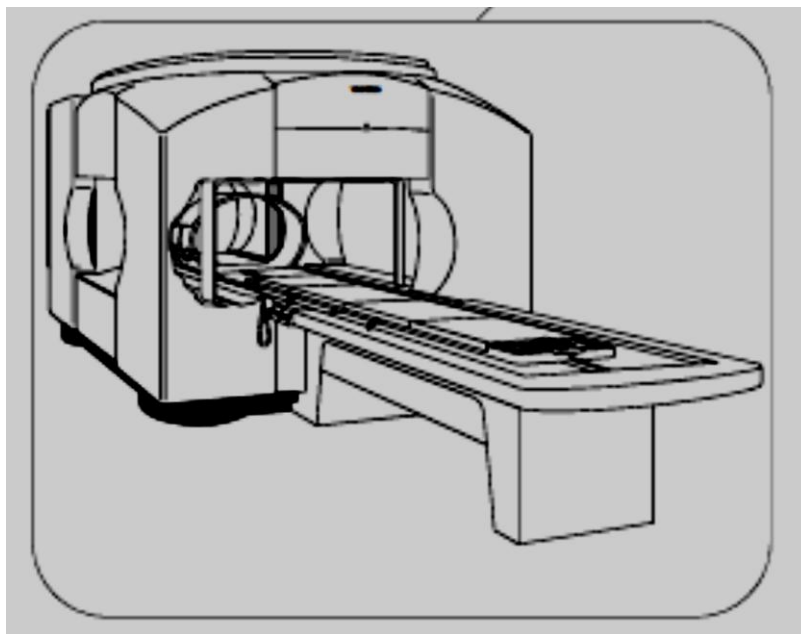
Tesla: Medida de fuerza del campo magnético. Igual a 10.000 gauss

Zona de exclusión: Un área o volumen para que el acceso debe ser restringido y en el que son los riesgos específicos que es de 0.5T.

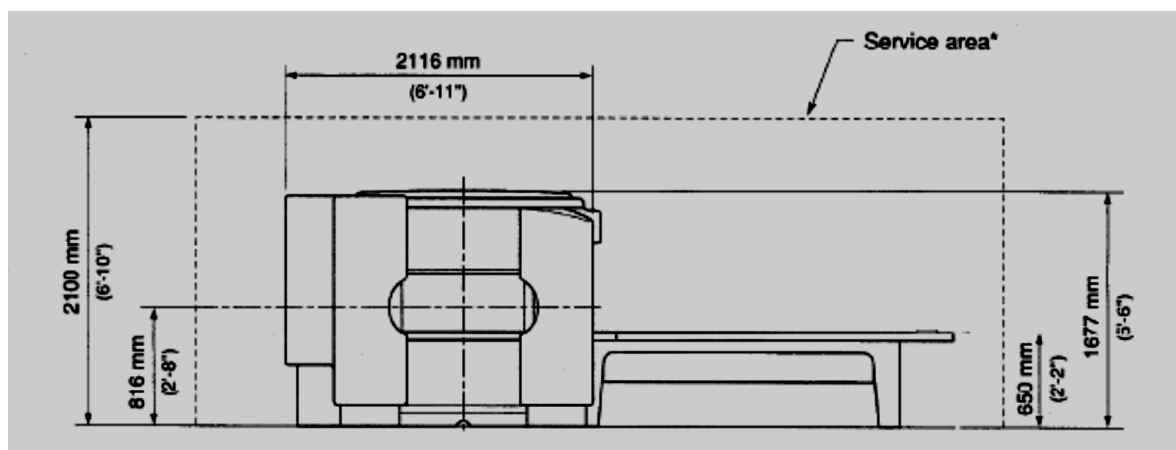
Zonas: Un nuevo paradigma de seguridad y detección promovido por el Colegio Americano de Radiología (ACR) para el diseño de sala de RM y el buen funcionamiento.

APENDICES

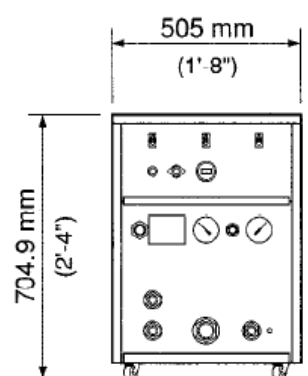
APENDICE A: ESPECIFICACIONES“HARDWARE” MODELO MRT-600EX



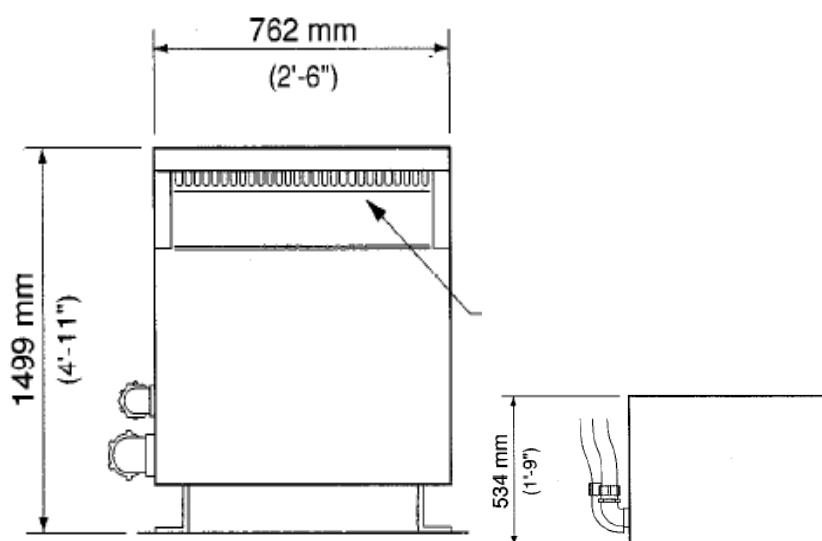
Gantry magnético: vista superior



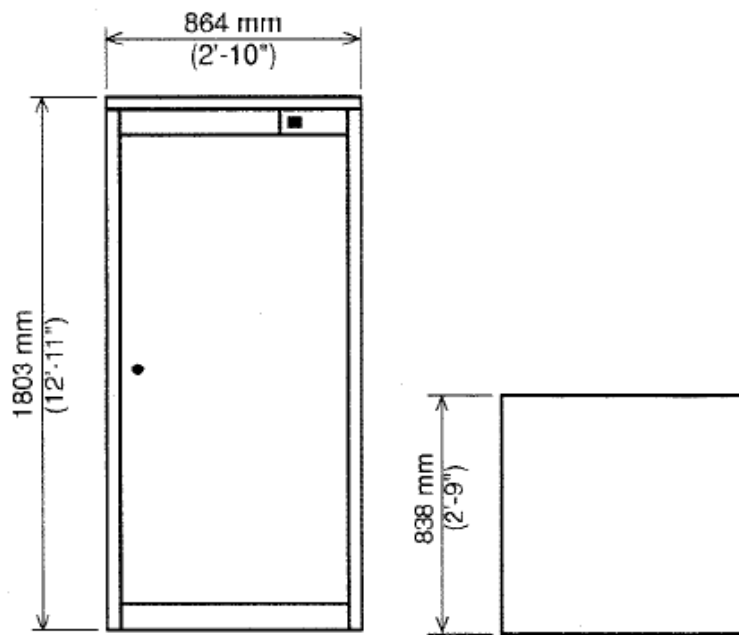
Gantry magnético: vista lateral



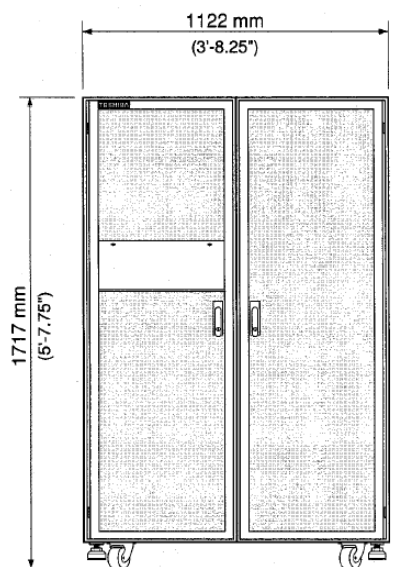
Compresor



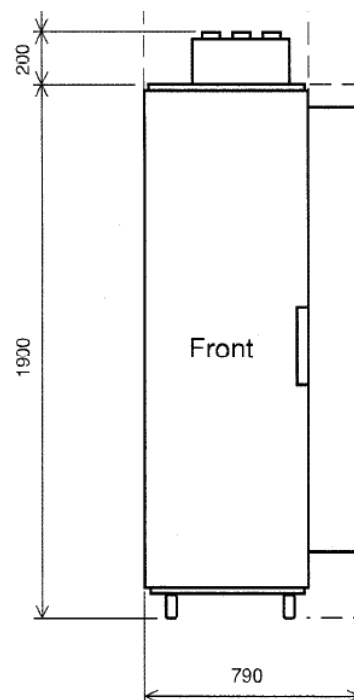
Acondicionador de energía 30kVA



VRDU 80kVA



CABINA DE CONTROL

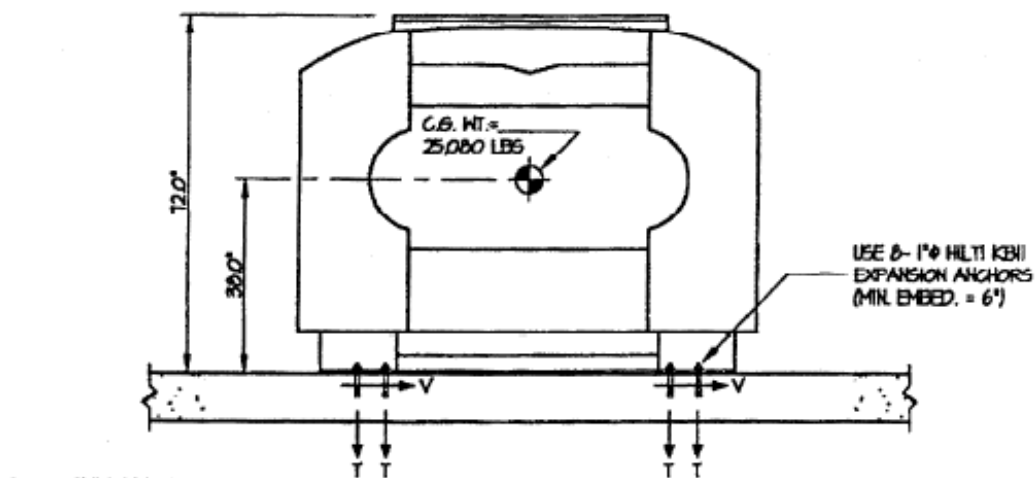


SUMINISTRO DE GRADIENTES

APENDICE B: APROBACIONES TOSHIBA

EASE EQUIPMENT ANCHORAGE & SEISMIC ENGINEERING		
TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS	OWN. RRL	SHEET 1
	JOB NO. 37-0009	
	DATE 10/17/00	OF 2 SHEETS
MRT-600 MAGNET		

SEISMIC ANCHORAGE



$T_{max} = 2171 \text{ LBS/BOLT}$
 $V_{max} = 2163 \text{ LBS/BOLT}$

ELEVATION

NOTES:

- FORCES ARE DETERMINED PER 2000 INTERNATIONAL BUILDING CODE - SECTION 1621
 $(a_p = 1.0, S_{DS} = 2.0, R_p = 1.25, I_p = 1.5, z = 0, h = 1)$

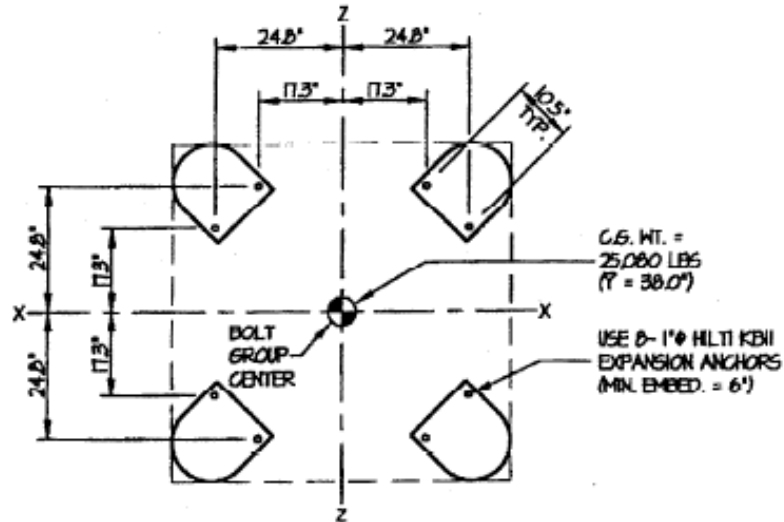
$$F_{P_{max}} = \frac{285 a_p S_{DS} W}{R_p A_p} \left[1 + 2 \frac{z}{h} \right] \quad \begin{array}{l} \text{HORIZONTAL FORCE } (F_{P_{max}}) = 0.64W \\ \text{VERTICAL FORCE} = 0.33(F_{P_{max}}) \end{array}$$

- CODE FORCES SHOWN ARE MAXIMUMS AND MAY BE REDUCED BY ENGINEER OF RECORD, DEPENDING ON SITE LOCATION AND EQUIPMENT LOCATION WITHIN THE BUILDING.
 - EQUIPMENT LOADS ARE MAXIMUMS AND OCCUR WHEN EQUIPMENT IS MOVED TO ITS MOST ECCENTRIC POSITION.
- PROVIDE FLOOR STRUCTURE DESIGNED TO SUPPORT WEIGHTS AND FORCES SHOWN (BY ENGINEER OF RECORD FOR THE BUILDING)



EASE EQUIPMENT ANCHORAGE & SEISMIC ENGINEERING		
TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS	DESIGNER RRL	SHEET 2
	JOB NO. 37-0009	
	DATE 10/17/00	OF 2 SHEETS
MRT-600 MAGNET		

SEISMIC ANCHORAGE



LOADS:

WEIGHT = 25,080 LBS
HORIZONTAL FORCE (F_H) = 17,305 LBS
VERTICAL FORCE = 5,168 LBS

BOLT GROUP PROPERTIES:

$I_{X-X} = 3651 \text{ in.}^4$
 $I_{Z-Z} = 3651 \text{ in.}^4$
 $I_{Y-Y} = 7314 \text{ in.}^4$

MOMENTS:

$M_{XX} = 17,305 \times (38.0^\circ) = 657,540 \text{ in.}^2$
 $M_{ZZ} = 17,305 \times (38.0^\circ) = 657,540 \text{ in.}^2$
 $M_{YY} = 17,305 \times (0^\circ) = 0 \text{ in.}^2$

BOLT FORCES:

TENSION (T)

$$T_{X-AXIS} = \frac{657,540 \times (24.8)}{3651} - \frac{25,080 \times 5,168}{8} = 1670 \text{ LBS/BOLT}$$

$$T_{Z-AXIS} = \frac{657,540 \times (24.8)}{3651} - \frac{25,080 \times 5,168}{8} = 1670 \text{ LBS/BOLT}$$

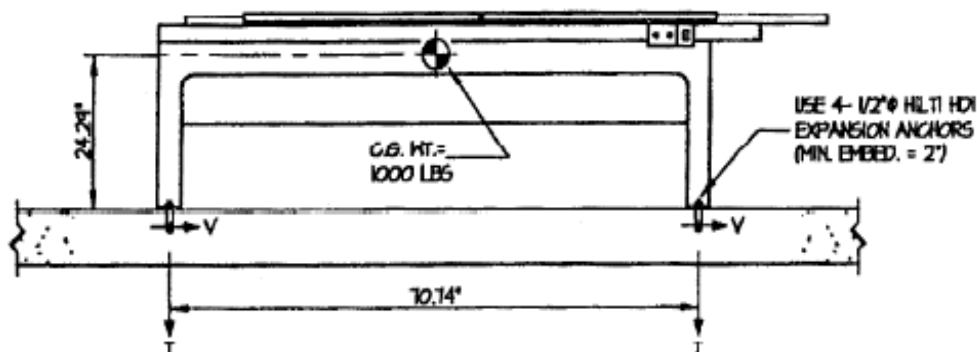
$$T = 1670 + 1670 \times (0.3) = 2171 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

SHEAR (V)

$$V = \frac{17,305}{8} = 2163 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

EASE EQUIPMENT ANCHORAGE & SEISMIC ENGINEERING		
TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS	DES. RBL	SHEET 1
	JOB NO. 37-0009	
MRT-600 COUCH	DATE 10/17/00	OF 2 SHEETS

SEISMIC ANCHORAGE



T_{max} = 506 LBS/BOLT
V_{max} = 113 LBS/BOLT

ELEVATION

NOTES:

- FORCES ARE DETERMINED PER 2000 INTERNATIONAL BUILDING CODE - SECTION 1621
($a_p = 1.0$, $S_{DS} = 2.0$, $R_p = 1.25$, $I_p = 1.5$, $z = 0$, $h = 1$)

$$F_{p_{max}} = \frac{285 a_p S_{DS} W}{R_p I_p} \left[1 + 2 \frac{z}{h} \right]$$

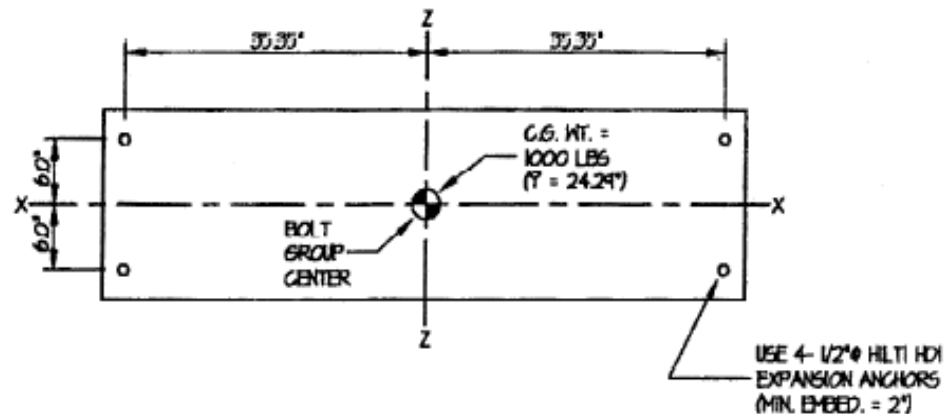
HORIZONTAL FORCE ($F_{p_{max}}$) = 0.64W
VERTICAL FORCE = 0.33($F_{p_{max}}$)

- a. CODE FORCES SHOWN ARE MAXIMUMS AND MAY BE REDUCED BY ENGINEER OF RECORD, DEPENDING ON SITE LOCATION AND EQUIPMENT LOCATION WITHIN THE BUILDING.
b. EQUIPMENT LOADS ARE MAXIMUMS AND OCCUR WHEN EQUIPMENT IS MOVED TO ITS MOST ECCENTRIC POSITION.
- PROVIDE FLOOR STRUCTURE DESIGNED TO SUPPORT WEIGHTS AND FORCES SHOWN (BY ENGINEER OF RECORD FOR THE BUILDING)



EASE EQUIPMENT ANCHORAGE & SEISMIC ENGINEERING		
TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS	DES. R.B.L.	2
	JOB NO. 37-0009	
	DATE 10/17/00	OF 2 SHEETS
MRT-600 COUCH		

SEISMIC ANCHORAGE



PLAN AT BASE

LOADS:

WEIGHT = 1000 LBS
HORIZONTAL FORCE (F_p) = 640 LBS
VERTICAL FORCE = 230 LBS

BOLT GROUP PROPERTIES:

$I_{x-x} = 144 \text{ in.}^4$
 $I_{z-z} = 4998 \text{ in.}^4$
 $I_{y-y} = 5142 \text{ in.}^4$

MOMENTS:

$M_{xx} = 640(24.29') = 16,760 \text{ ft-lb}$
 $M_{zz} = 640(24.29') = 16,760 \text{ ft-lb}$
 $M_{yy} = 640(0') = 0 \text{ ft-lb}$

BOLT FORCES:

TENSION (T)

$$T_{x\text{-axis}} = \frac{16760 \text{ ft-lb}(6.0')}{144} - \frac{1000 \text{ lb} - 230 \text{ lb}}{4} = 506 \text{ LBS/BOLT}$$

$$T_{z\text{-axis}} = \frac{16760 \text{ ft-lb}(35.35')}{4998} - \frac{1000 \text{ lb} - 230 \text{ lb}}{4} = 0 \text{ LBS/BOLT}$$

$$T = 506 + 0(0.3) = 506 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

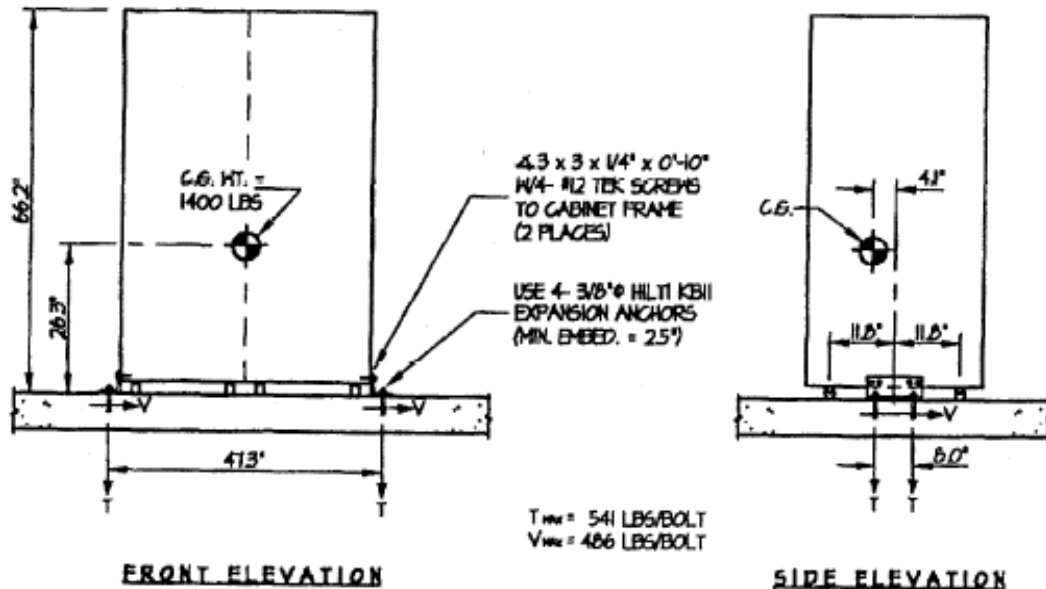
SHEAR (V)

$$V = \frac{640 \text{ lb}}{4} = 173 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

EASE EQUIPMENT ANCHORAGE & SEISMIC ENGINEERING		
TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS	DESIGN R.B.L.	SHEET 1
	JOB NO. 37-0009	
MRT-600 CONTROL CABINET	DATE 10/17/00	OF 1 SHEET

SEISMIC ANCHORAGE

SLAB ON GRADE



LOADS: PER 2000 INTERNATIONAL BUILDING CODE - SECTION 1621

WEIGHT = 1400 LBS

HORIZONTAL FORCE (M_H) = $0.64W$ = 966 LBS

VERTICAL FORCE (M_V) = $0.33(M_H)$ = 322 LBS

BOLT FORCES

TENSION (T)

$$T = \frac{966(26.3) - (1400 \times 322)(1.1)}{2 \text{ BOLTS}(15.8)} = 541 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

SHEAR (V)

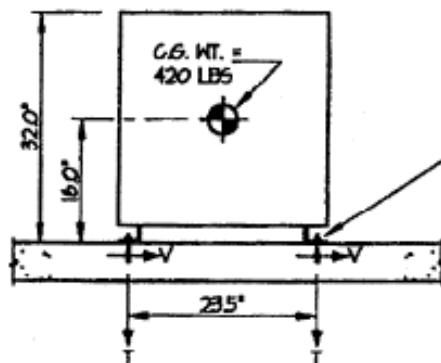
$$V = \frac{966(15.9)}{2 \text{ BOLTS}(15.8)} = 486 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

NOTE:

PROVIDE FLOOR STRUCTURE DESIGNED TO SUPPORT WEIGHTS AND FORCES SHOWN.
(BY ENGINEER OF RECORD FOR THE BUILDING)



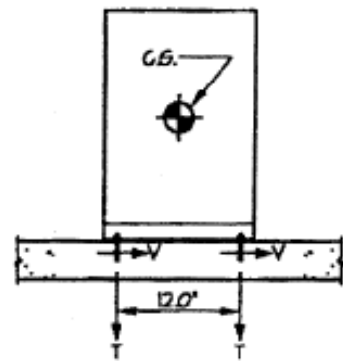
EASE EQUIPMENT ANCHORAGE & SEISMIC ENGINEERING		
TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS	DESIGNER R.B.L.	SHEET 1
	JOB NO. 37-0009	
	DATE 10/17/00	
MRT-600 STEPDOWN TRANSFORMER	OF 1	SHEET
SEISMIC ANCHORAGE		SLAB ON GRADE



FRONT ELEVATION

USE 4- 3/8" HILTI KEH
EXPANSION ANCHORS
(MIN. EMBED. = 2.5")

$T_{max} = 113 \text{ LBS/BOLT}$
 $V_{max} = 73 \text{ LBS/BOLT}$



SIDE ELEVATION

LOADS: PER 2000 INTERNATIONAL BUILDING CODE - SECTION 1621

WEIGHT = 420 LBS

HORIZONTAL FORCE (V_H) = $0.69W = 290 \text{ LBS}$

VERTICAL FORCE (V_V) = $0.33(V_H) = 97 \text{ LBS}$

BOLT FORCES

TENSION (T)

$$T_{\text{SIDE TO SIDE}} = \frac{290 \# (16.0'')}{2 \text{ BOLTS} (23.5'')} - \frac{420 \# - 97 \#}{4 \text{ BOLTS}} = 18 \text{ LBS/BOLT}$$

$$T_{\text{FRONT TO BACK}} = \frac{290 \# (16.0'')}{2 \text{ BOLTS} (12.0'')} - \frac{420 \# - 97 \#}{4 \text{ BOLTS}} = 113 \text{ LBS/BOLT}$$

$$T = 113 \# + 18 \# (0.3) = 118 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

SHEAR (V)

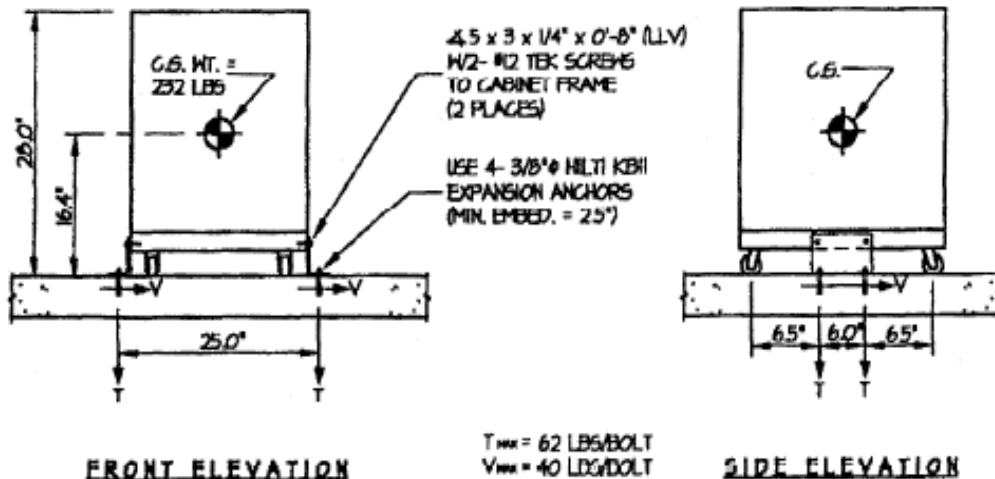
$$V = \frac{290 \#}{4} = 73 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

NOTE:

PROVIDE FLOOR STRUCTURE DESIGNED TO SUPPORT WEIGHTS AND FORCES SHOWN.
(BY ENGINEER OF RECORD FOR THE BUILDING)



EASE EQUIPMENT ANCHORAGE & SEISMIC ENGINEERING		
TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS	DESIGN R.R.L.	SHEET 1
	JOB NO. 37-0009	
HELIUM COMPRESSOR	DATE 10/17/00	OF 1 SHEET
SEISMIC ANCHORAGE		SLAB ON GRADE



LOADS: PER 2000 INTERNATIONAL BUILDING CODE - SECTION 1621

WEIGHT = 232 LBS

HORIZONTAL FORCE (V_H) = $0.64W$ = 160 LBS

VERTICAL FORCE (V_V) = $0.33(V_H)$ = 53 LBS

BOLT FORCES

TENSION (T)

$$T_{\text{SIDE TO SIDE}} = \frac{160 \# (16.4')}{2 \text{ BOLTS} (25.0')} - \frac{232 \# - 53 \#}{4 \text{ BOLTS}} = 8 \text{ LBS/BOLT}$$

$$T_{\text{FRONT TO BACK}} = \frac{160 \# (16.4')}{2 \text{ BOLTS} (12.5')} - \frac{232 \# - 53 \#}{4 \text{ BOLTS}} = 60 \text{ LBS/BOLT}$$

$$T = 60 \# + 8 \# (0.3) = 62 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

SHEAR (V)

$$V = \frac{160 \#}{4} = 40 \text{ LBS/BOLT (MAX)}$$

NOTE:

PROVIDE FLOOR STRUCTURE DESIGNED TO SUPPORT WEIGHTS AND FORCES SHOWN.
(BY ENGINEER OF RECORD FOR THE BUILDING)



APENDICE C: REQUISITOS DE ARQUITECTURA

El diseño del sistema Toshiba MRT-600EX de imágenes le permite ser instalado en lugares donde muchos otros equipos de imágenes no se pueden instalar.

Se tiene varias características de diseño que contribuyen a un a un régimen de requisito menos estrictas para la construcción del sitio

Margen reducido campo

La zona de exclusión de 0,5 mT (5 gauss) se extiende a un área de sólo 2,9m horizontalmente y 3,7m vertical desde el centro del imán. Con estas medidas se puede prevenir la interferencia con otros equipos, por lo tanto, es mucho más fácil de instalar.

PRECAUCIÓN

- El imán es sensible a los golpes y vibraciones.
- Manejar con cuidado las poleas al desmontar el imán.
- Al ingresar el imán tomar en cuenta la caja de enfriamiento
- El imán se entrega con algunos conjuntos electrónicos adjunto. Se deben tomar precauciones para evitar daños en los mismos.

Especificaciones de blindaje

El recinto de RF cumple las siguientes especificaciones de protección.

➤ Integridad del blindaje

Del campo magnético: 80 dB de atenuación (1 a 100 MHz)

Campo eléctrico: 90 dB de atenuación (1 a 100 MHz)

➤ Campo eléctrico

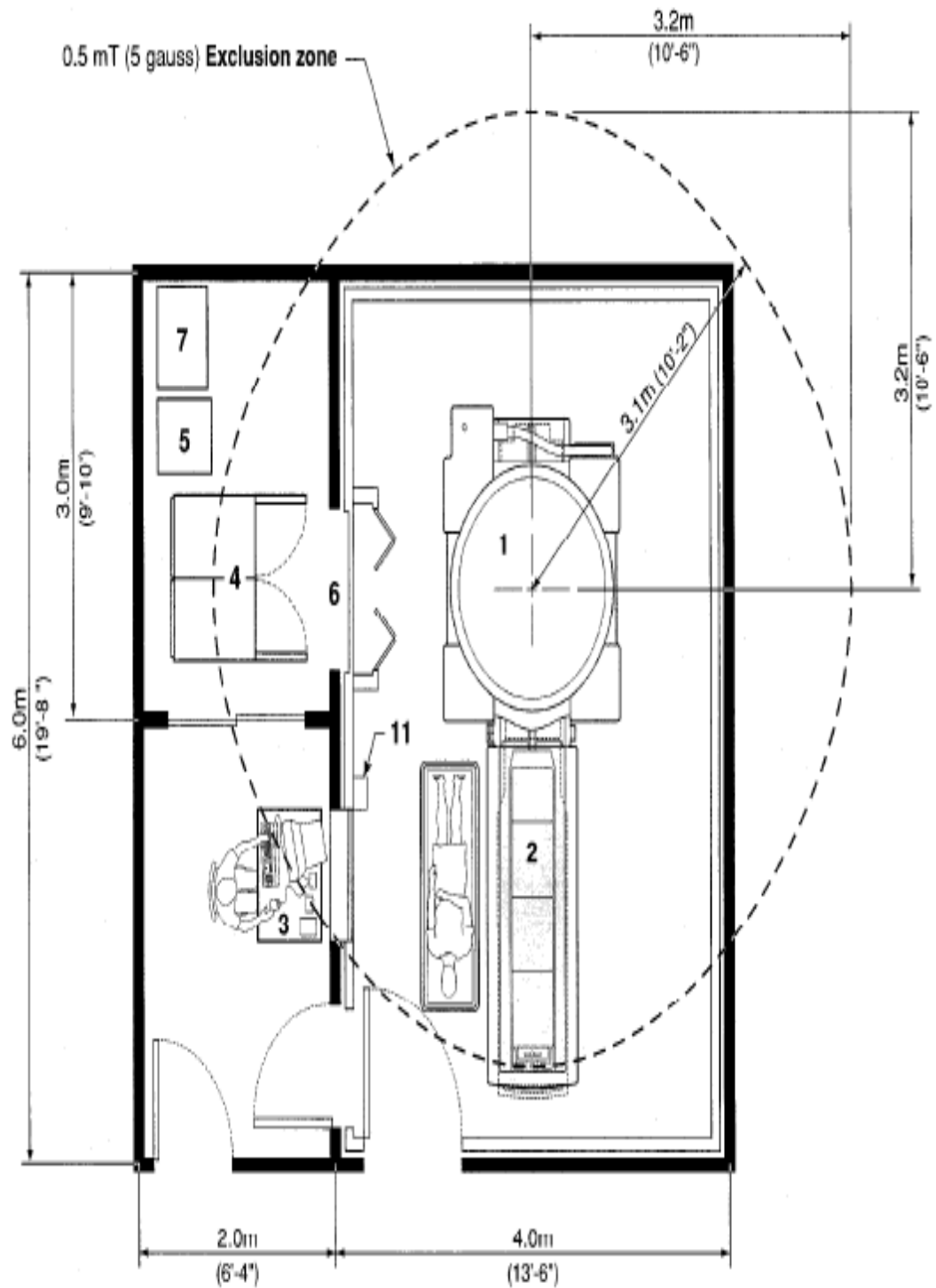
Menos de -5 dB (0,56 micro voltios / m) de más de 15 MHz y 0.5 MHz

➤ Campo magnético

10 dB de atenuación de la sala de RF a 50/60 Hz

Desgi S.A. pone a prueba el recinto de RF para el cumplimiento de estas especificaciones, incluyendo una prueba de 15,0 MHz. Estas pruebas se realizaron después de que el recinto de RF se ha completado, incluyendo la instalación de todas las perforaciones, tales como puertas, ventanas, guías de onda, filtros de energía, riego accesorios, panel de filtros / conector, y conductos. Esto requiere que la última prueba de RF se llevará a cabo después de la instalación del equipo de MRI y los paneles de la penetración.

APENDICE D: MEDIDAS DE HOMOGENEIDAD PARA EL IMAN DE 0.35T



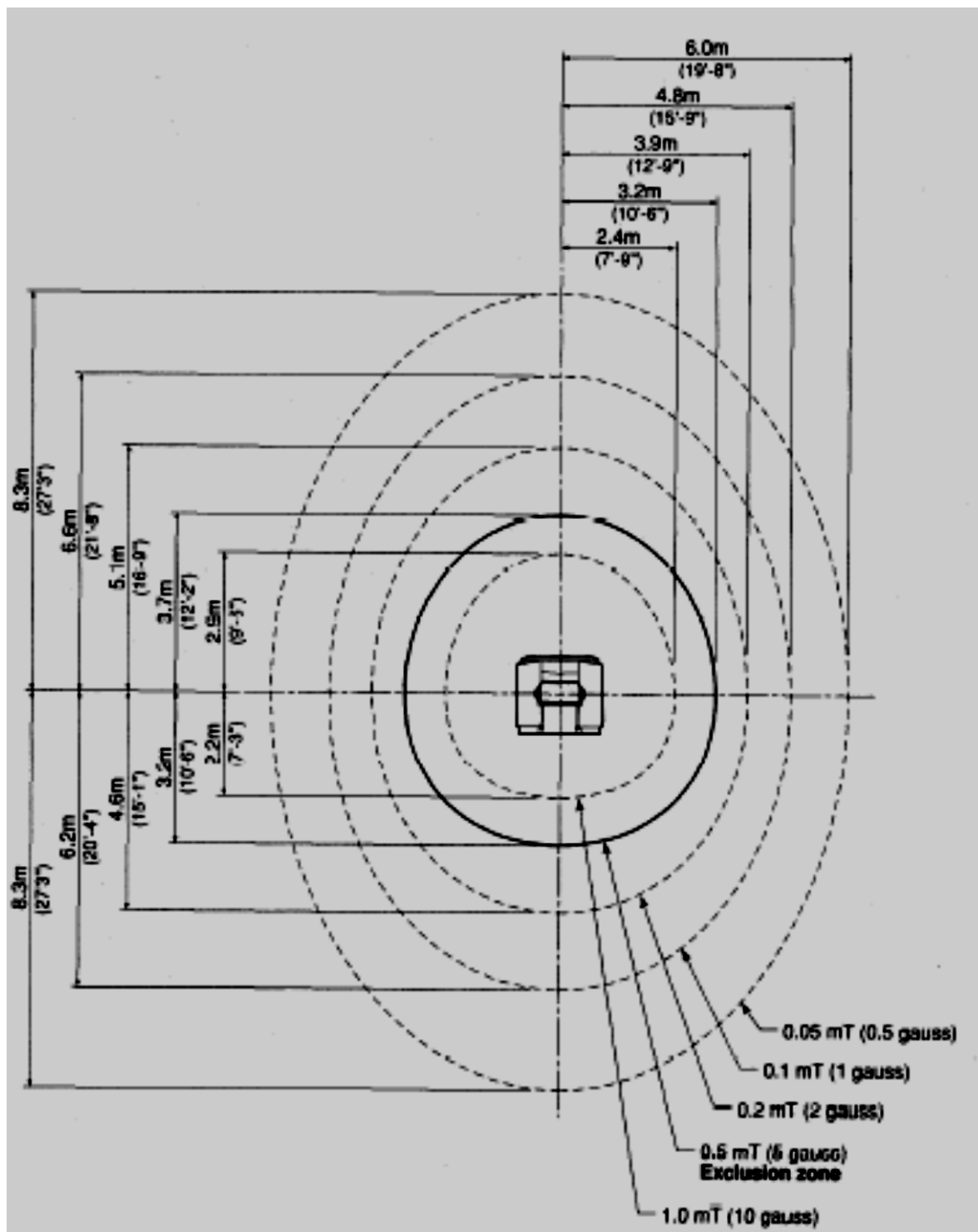


Figura D-1. Medidas límites del campo magnético (vista frontal)

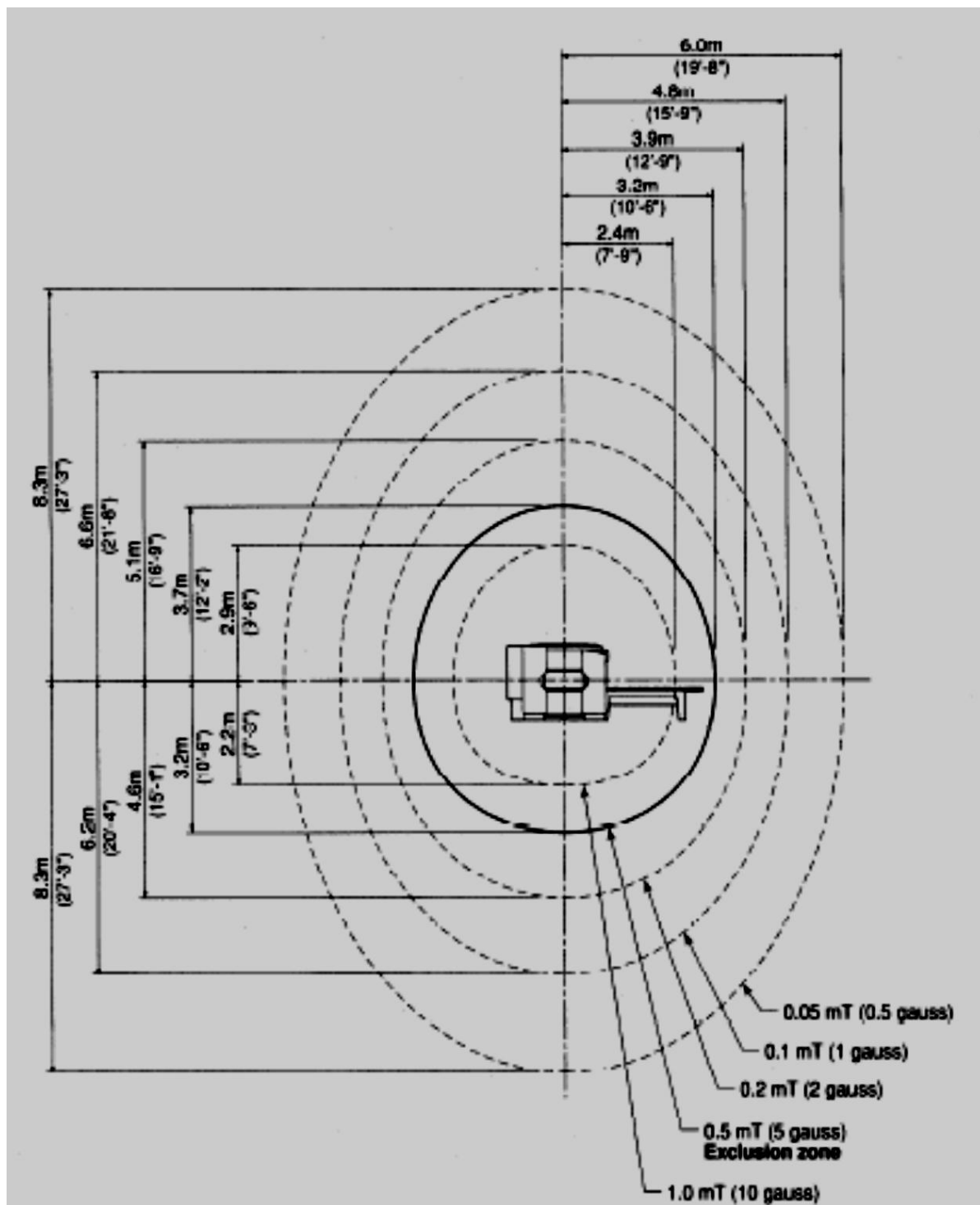


Figura D-2. Medidas límites del campo magnético (vista lateral)

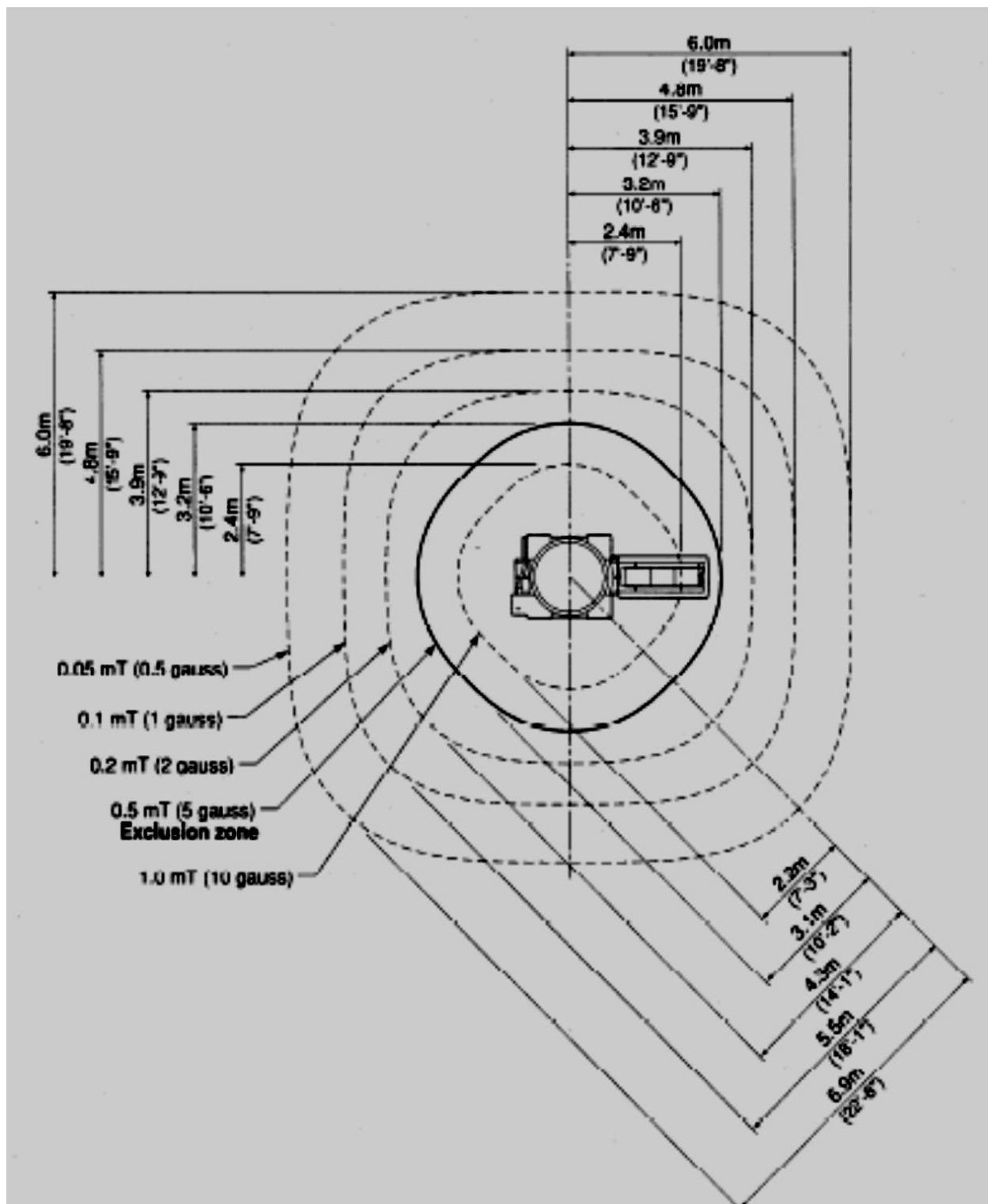


Figura D-3. Medidas límites del campo magnético (vista superior)

APENDICE E: DOCUMENTACION GRAFICA DEL PROCESO DE INTALACION



Figura E. Primera área común para la sala del operador cuando solo se tiene un espacio Físico en forma de L

JAULA DE FARADAY



(a)



(b)

Figura E: Jaula de Faraday: (a) parte lateral limitada con e área para los equipos, (b) parte frontal con la puerta y ventana de RF



Figura E: blindaje interno con acero galvanizado



Figura E: Sistema HVAC(Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado)



Figura E. : CINTA DE COBRE en las uniones



Figura E: Cinta de cobre alrededor de la puerta de RF



(a)



(b)

Figura E: Refuerzo con cinta de cobre en las uniones de (a) ventana y (b) puerta de blindaje de RF

SALA DE EQUIPOS



Figura E: Panel Filtro/conector en la pared exterior de la Jaula de Faraday que conecta con la Sala de equipos para realizar las respectivas conexiones



Figura E: Cabina de control conectada a la Fuente de Poder



Figura E. Suministro eléctrico de Gradientes

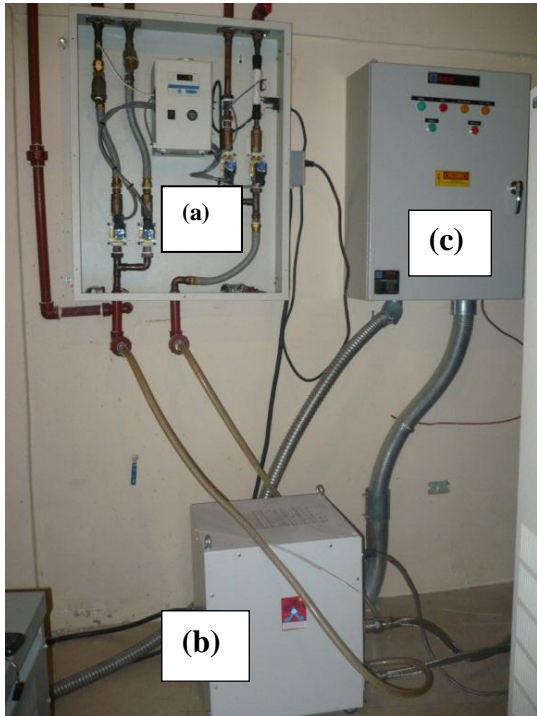


Figura E: Control de fuentes de funcionamiento: (a) Entrada y salida de agua (b) Compresor Leybold (c) ON/OFF del Sistema MRT



Figura E: Instalaciones de agua para la unidad de refrigeración



Figura E: Compresor de agua para el enfriamiento del imán en funcionamiento. Ubicado en el patio de entrada posterior

GANTRY MAGNETICO



Figura E: Gantry (vista superior)

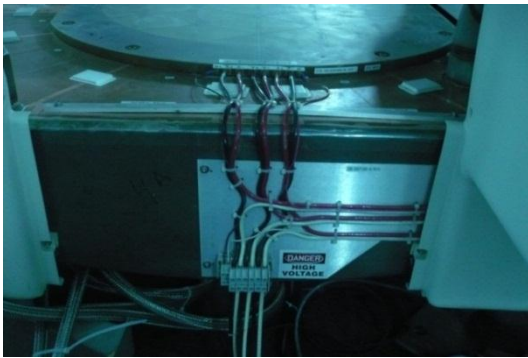


Figura E: Conexiones para el funcionamiento del Gantry de MRT

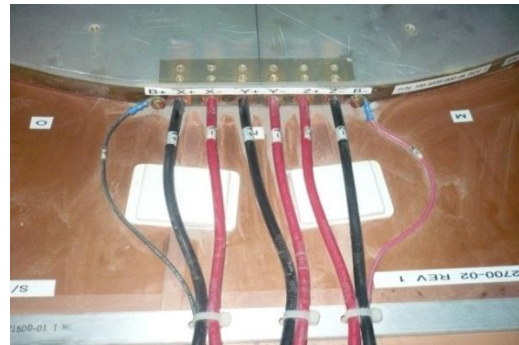


Figura E: gradientes para la programación de MRI

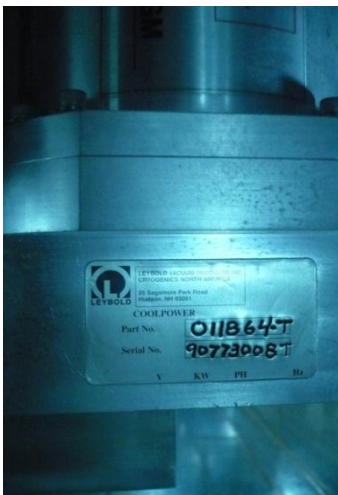


Figura E: Cabeza Fria de la Unidad de refrigeración Leybold



Figura E: Vista posterior al ya cubrir el gantry para ver las conexiones y las mangueras de la unidad de refrigeración



Figura E: Cámara para visualización para MRI



Figura E: conexión de bobinas durante MRI



Figura E: Interior del imán



Figura E: Ubicación del imán en la Jaula de Faraday



(a)



(b)



(c)

Figura E: Colocación de las cubiertas del Gantry: (a) Camara y cubiertas laterales; (b) Tapa del gantry; (c) Gantry cubierto en su totalidad

MESA DEL PACIENTE



Figura E: Fijación de la Base para la mesa

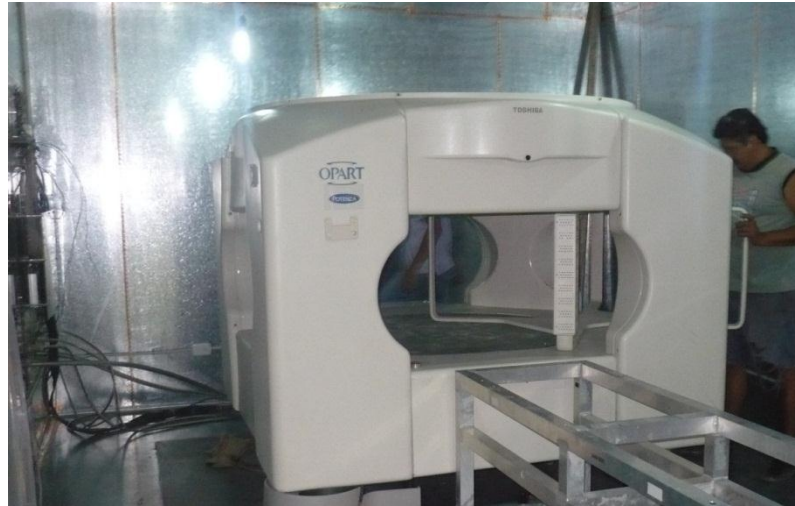
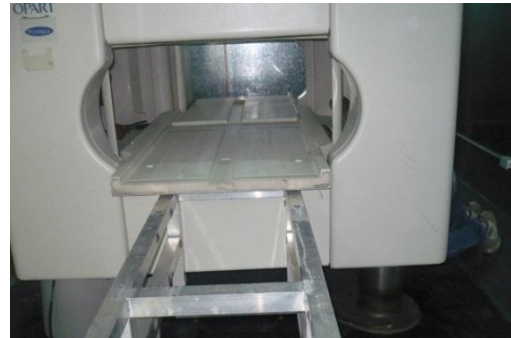


Figura E: Ubicación de la base interna del Gantry



(a)



(b)



(c)

Figura E: Colocación de la tabla fija para la mesa: (a) Tabla fija (b) Ubicación en el interior del Gantry, (c) Vista Posterior de la Base y Tabla para la mesa



Figura E: Nivelación de la Tabla

PANEL FILTRO CONECTOR

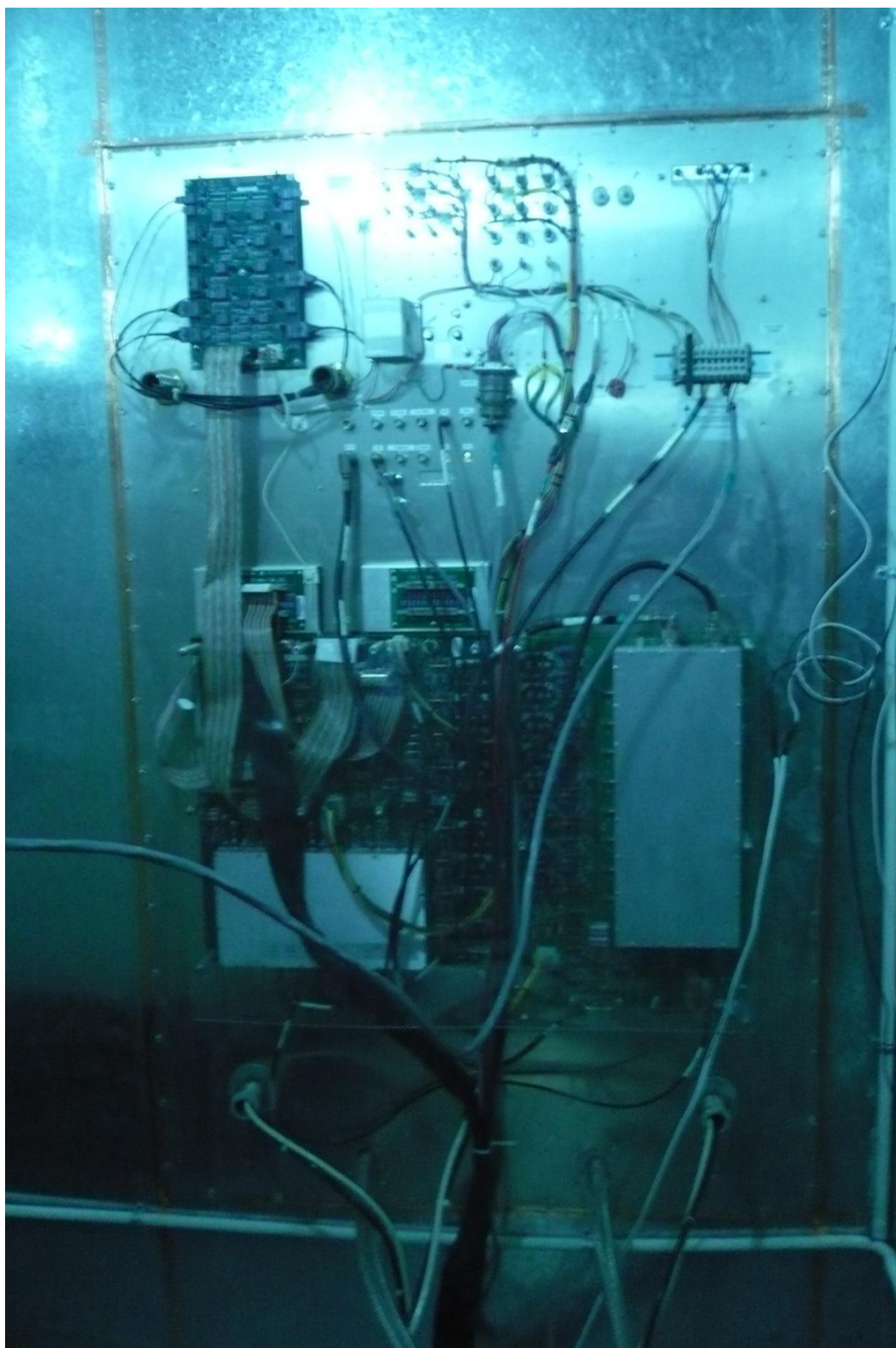


Figura E: Panel Filtro conector en la Sala de exploración



Figura E: Panel Filtro conector en la Sala de quipos

CONTRATIEMPOS



Figura E: Goteo de agua durante la estabilización de la temperatura del imán por falla en el sellado al vacío del imán



Figura E: Prueba de señal de RF. Falla del blindaje porque sintoniza emisoras A.M.



Figura E: Desmontaje de la ventana de RF para sellado más seguro

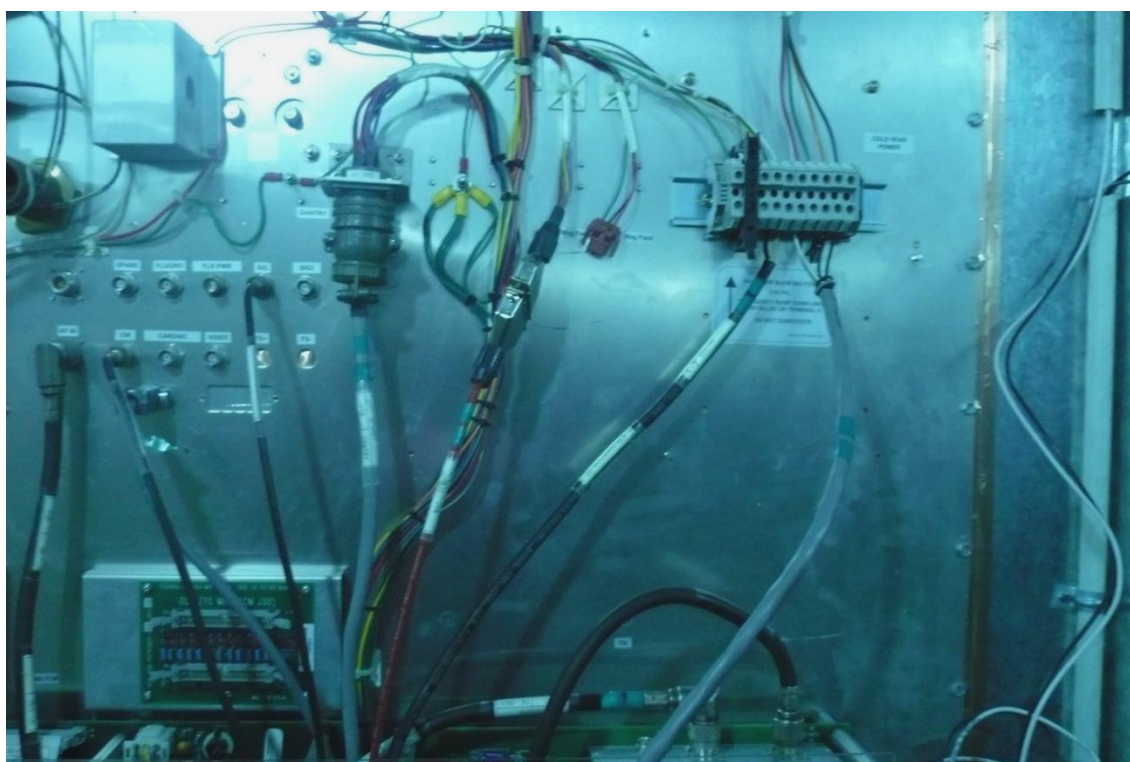


Figura E: Revisión del Panel Filtro conector por fallas en el Recinto de RF para reforzar el sellado con cinta de cobre



Figura E: Rango de RF del Gantry



Figura E: Control del recinto de RF

APENDICE F: NORMA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA EQUIPOS DE MRI

NORMA IEC 601-2-33

IEC 601-2-33 Requisitos para los degradados y los campos de RF

(Este resumen destaca los puntos principales de la norma IEC 601-2-33, pero no es exhaustiva.)

La norma IEC tiene un enfoque de tres niveles para el control de la exposición del paciente a los campos de gradiente y RF. El estándar define tres modos de funcionamiento, y establece los requisitos para cada modo de la siguiente manera:

Modo de funcionamiento normal: seguimiento rutinario del paciente sólo (auditiva y visual) requerido.

Primer nivel de control el modo de funcionamiento: operador de equipo para ser avisado de que el equipo estará operando en este modo, la acción deliberada necesaria para iniciar la exploración. Tasa de absorción específica de valores o un degradado que se registró en la gammagrafía. Supervisión médica por un médico calificado necesario, posiblemente incluyendo la monitorización fisiológica.

Segundo nivel controlado el modo de funcionamiento: operador de equipo que se advirtió que las condiciones de operación son potencialmente peligrosos y

no deben aplicarse para el uso clínico normal. El acceso a este modo restringido por el bloqueo de teclas, contraseñas o software similar y es posible sólo bajo la autorización de la persona responsable médico. Funcionamiento en este modo sólo se permiten con la aprobación del comité de ética local o de la Junta en investigación revisión o un órgano similar.

Los niveles máximos de los campos de la pendiente y la tasa de absorción específica en los diferentes modos de operación se tabulan a continuación.

Campos de gradientes - niveles máximos de los modos de nivel normal y la primera operación controlada:

Modo de funcionamiento	De ancho de pulso τ (microsegundos)	Velocidad máxima de cambio (T / seg)
Normal	$\tau > 120$ $2.5 < \tau \leq 120$ $\tau \leq 2,5$	20 $2400 / \tau$ 960
Primer nivel	$\tau > 3000$ $45 < \tau \leq 3000$ $\tau \leq 45$	20 $60000 / \tau$ 1330

El modo de segundo nivel de operación controlada comprende las tasas de cambio que exceda el límite superior del modo de funcionamiento con control de nivel primero.

**Tasa de absorción específica (SAR) - niveles máximos en los diferentes
modos de operación**

Modo de funcionamiento	SAR de cuerpo entero (W / kg, un promedio de más de 15 min)	Jefe SAR (W / kg, un promedio de más de 10 min)	Tejido local SAR (W / kg, en cualquier gramo de tejido, un promedio de más de 5 min)
Normal	SAR <1,5	SAR <3	SAR <8 (cabeza, torso) SAR <12 (extremidades)
Primer nivel	1.5 <SAR <4	N / A	N / A
Segundo nivel	SAR > 4	SAR > 3	SAR > 8 (cabeza, torso) SAR > 12(extremidades)